

# PÄÄLLYSTYSKONE 5 KATKOAJAN LYHENTÄMINEN

Stora Enso Veitsiluodon tehtaat

Mika Luukas

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Mika Luukas	<b>Vuosi</b>	2015
<b>Ohjaaja</b>	(TkL) Timo Kauppi & (TkL) Lauri Kantola		
<b>Toimeksiantaja</b>	Stora Enso Veitsiluodon tehta		
<b>Työn nimi</b>	Päällystyskone 5 katkoajan lyhentäminen		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	56 + 15		

---

Tässä opinnäytetyössä etsitään vaihtoehtoja, miten päällystyskone viiden katkoaikaa voitaisiin lyhentää. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Stora Enso Veitsiluodon tehta.

Työn tavoitteena oli selvittää, mihin prosessinhoitajien katkossa käyttämä aika nykyisin kuluu ja voitaisiinko sitä lyhentää. Työssä etsittiin teknisiä ratkaisuja ja niiden pohjalta uusia toimintatapoja, joilla katkoaikaa saataisiin lyhenemään.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin haastattelemalla nykyisiä prosessinhoitajia päällystyskone viidellä. Haastattelujen ja oman kokemuksen pohjalta tuli selville nykyiset aikaa vievät puhdistustoimenpiteet, joihin kaivattiin muutoksia.

Katkon aikana molemmilla päällystysasemilla olevat suutinnokat ovat hankalia puhdistaa ja puhdistukseen kuluu aikaa. Toiseksi aikaa vievin puhdistustoimenpide oli aukirullausalueen puhdistus katkossa. Kokeellisessa osiossa testataan erilaisia pinnoitevaihtoehtoja. Jonka jälkeen esitellään kokeiden tulokset ja vaikutus katkonaikoihin.

Työn tuloksena löydettiin ratkaisuja nopeuttamaan katkossa tapahtuvaa toimintaa. Tekniset ratkaisut ja toimintamallimuutokset tuovat nykyiseen katko aika pysyvän muutoksen, ja katko aika lyhenee huomattavasti.

Avainsanat

päällystyskone, pinnoitus, paperiteollisuus



Industry and Natural Resources  
Technology  
Mechanical and Production Engineering

---

<b>Author</b>	Mika Luukas	<b>Year</b>	2015
<b>Supervisor(s)</b>	Timo Kauppi (Lic.Sc.) & Lauri Kantola (Lic.Sc.)		
<b>Commissioned by</b>	Stora Enso Paper Veitsiluoto Mill		
<b>Subject of thesis</b>	Coating machine 5 and break time reduction		
<b>Number of pages</b>	56 + 15		

---

In this thesis alternatives are looked for how the break time of coating machine 5 could be shortened. This thesis was commissioned by Stora Enso Veitsiluoto Mill.

The objective of the work was to clarify, where the process operator's break time is spent at present and could it be shortened. In the study technical solutions were looked for and based on those new working methods with which the break time would be shortened.

Thesis writing began by interviewing the current process operator's in coating machine 5. On the basis of the interviews and my own experience came to find out the time-consuming cleaning procedure was revealed and it needed changes.

During the break, the jet lips at the coating station are difficult to clean and cleaning takes time. Secondly, the most time-consuming cleaning procedure was cleaning the unwinding area during the break. In the experimental section different coating alternatives were tested. After the results of tests and their effect on the break times are presented.

Solutions were found as a result of the work to accelerate the operation which takes place during the break. Technical solutions and the changes in the operation model bring a permanent change to the present break time and the break time shortens considerably.

Key words

coating machine, coating, paper industry

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	TEORIA .....	10
2.1	Paperin päällystys .....	10
2.1.1	Päällystyksen toimintaperiaate .....	11
2.1.2	Päällystyspasta .....	12
2.1.3	Päällystyksen kuivatuslaitteet .....	13
2.1.4	Leijukuivaimet .....	14
2.1.5	Sylinterikuivaimet .....	15
2.1.6	Suutinapplikointi eli jet-applikointi .....	16
2.1.7	Teräkaavinta päällystyksessä .....	18
2.1.8	Suutinnokan jäähdytysjärjestelmä .....	19
2.2	Pinnoitusteknologia .....	20
2.2.1	Alu-Releco MicroCoat® ADVANCED .....	20
2.2.2	Alu-Releco Teflon® .....	21
2.2.3	Millidyne AS-02 .....	21
2.2.4	Optimum Opti-Coat 2.0 .....	22
2.2.5	Ruostumattomat näytelevyt .....	22
3	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	23
3.1	Prosessitiedon haku ja käsittely .....	23
3.2	Teemahaastattelut .....	23
3.3	Päällystysasema 1 & 2 lämpökamerakuvaus .....	24
3.4	Pinnankarheuden mittaaminen .....	24
3.5	Valomikroskooppitutkimukset .....	24
3.6	Painepesuritesti .....	24
3.7	Puhdistettavuuden arviointi .....	27
4	TULOKSET .....	28
4.1	PPK5:n nykytilan kuvaus .....	28
4.2	Prosessinhoitajien työt katkon aikana .....	28
4.2.1	Koneenhoitajan katkon aikana tehtävät työt .....	29
4.2.2	1-konemiehen katkon aikana tehtävät työt .....	30
4.2.3	2-konemiehen katkon aikana tehtävät työt .....	31
4.3	Teemahaastattelujen tulokset .....	31

4.4	Pinnankarheusmittaustulokset.....	32
4.5	Valomikroskopia .....	33
4.6	Suutinnokan puhdistus katkossa .....	34
4.7	Ensimmäisen painepesuritestin tulokset.....	36
4.8	Toisen painepesuritestin tulokset.....	38
4.9	Aukirullauksen puhdistus katkossa .....	40
5	TULOKSIEN TARKASTELU .....	42
5.1	PPK5:n katkoajan kehityksen analysointi.....	42
5.2	Suutinnokan pinnanlaadun vaikutus puhdistettavuuteen .....	44
5.3	Suutinnokan pinnoituksen vaikutus katkoaikoihin .....	45
5.4	Aukirullauksen puhdistuksen kehittäminen .....	47
5.5	2-konemiehen toimintamalli muutosehdotus.....	49
5.6	Päällystyskone 5 katkoajien lyhentäminen.....	51
5.7	Jatkotutkimukset .....	52
6	POHDINTA .....	53
	LÄHTEET .....	55
	LIITTEET .....	57

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Stora Enson Veitsiluodon tehtaille 7.1–30.4.2015. Haluan kiittää Stora Enson Veitsiluodon tehtaiden (DI) Hannu Lamminahoa, Lapin ammattikorkeakoulun opintäytetyön ohjaajia, (TkL) Lauri Kantolaa, (TkL) Timo Kauppia ja muita henkilöitä, jotka ovat auttaneet tämän opinnäytetyön edistymisessä. Haluan kiittää myös omaa perhettä kannustuksesta ja tuesta koko opintojen aikana.

Kemissä 30.4.2015

**MIKA LUUKAS**

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Kotti	Paperi
Pulpperi	Säiliö, jossa lietetään kiinteitä aineita (esimerkiksi paperia nesteeseen)
LWC	Kevyesti päällystetty painopaperi
PK5	Paperikone 5
PPK5	Päällystyskone 5
VR	Välirullain
PPK1	Päällystyskone 1
RAINA	Paperirata
Pope	Kiinnirullain
Käyttöpuoli	On se, missä ovat päällystyskonetta pyörittävä voimansiirto
TIPS	Tieto Integrated Paper Industry Solution, tuotantotietojen ja laboratoriomittausten tallennusjärjestelmä

## 1 JOHDANTO

Vuodesta 1997 lähtien olen työskennellyt pääsääntöisesti Stora Enson Veitsiluodon tehtaiden päällystyskone viidellä, joten oli luonnollista, että opinnäytetyön aiheeni tulisi kyseiseltä alueelta. Paperiteollisuus on ollut pitkään muutoksen alla. Alalta on lähtenyt paljon työpaikkoja pois. Päällystyskone viideltäkin on vähennetty työntekijöitä vuosien varrella.

Päällystyskone viisi otettiin käyttöön vuonna 1985, jolloin päällystyskoneella oli töissä viisi työntekijää. Kuitenkin vuonna 2009, yt-neuvottelujen seurauksena, yksi työntekijä vähennettiin ja päällystyskoneelle jäi töihin enää neljä prosessinhoitajaa. Jatkoa seurasi vielä vuonna 2012, jolloin vähennettiin yksi prosessinhoitaja lisää. Nykyisin päällystyskoneella työskentelee kolme prosessinhoitajaa. Näiden vähennysten johdosta toimintamalleja on muutettu aiempaan verrattuna.

Toimintatapojen muutoksesta on luonnollisesti seurannut se, että katkoajat ovat pidentyneet, kun pienemmillä henkilöresursseilla on pitänyt tehdä samat työt kuin ennenkin. Stora Enson Veitsiluodon tehtaalle toimeksiantona saadun opinnäytetyön tavoitteena on lyhentää nykyisiä katkoajia päällystyskone viidellä.

Katkoja tulee tällä hetkellä keskimäärin kolme kertaa vuorokaudessa. Keskimääräinen katko aika on nykyisin noin 75 minuuttia. Vuorojen välillä katkoajoissa on eroja. Satunnaisen katkon pituus on noin 60 minuuttia. Opinnäytetyössä etsitään teknisiä ratkaisuja, jotka lyhentäisivät katko aikaa. Opinnäytetyössä selvitetään myös nykyisten vuorojen toimintamalleja. Löytyisikö sieltä hyvää yhteistä toimintatapaa, joka voitaisiin ottaa käyttöön kaikissa vuoroissa?

Kokeellisen osan tavoitteena oli tutkia, vaikuttavatko eri pinnanlaatu tai pinnoitteet puhdistusaikoihin. Tärkein tavoite oli selvittää, löytyisi selkeä ero näytelevyjen välisistä puhdistustuloksista. Työ on rajattu koskemaan vain Stora Enson Veitsiluodon päällystyskone viittä ja päällystyskoneen katkoajan lyhentämistä.

## STORA ENSO OYJ:N VEITSILUODON TEHTAAT

Stora Enso on paperi, biomateriaali, puutuote, ja pakkausteollisuuden valmistaja. Konsernin palveluksessa on noin 28000 työntekijää yli 35 eri maassa. Stora Enson vuosittainen tuotantokapasiteetti on 5,4 miljoonaa tonnia kemiallista sellua, 11,7 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia, 1,3 miljardia neliometriä aaltopahvia ja 5,6 miljoonaa kuutiometriä puutuotteita. (Stora Enso 2013, 2.)

Stora Ensolla on Suomessa noin 7000 henkilöä työsuhhteessa, mikä vastaa noin 25 %:ia kaikista Stora Enson työntekijöistä. Suomessa tuotettiin Stora Enson paperi- ja kartonkikapasiteetista noin 40 % vuonna 2014. Kemiallisen sellun kapasiteetti koko Stora Enson tuotannosta oli Suomessa noin 56 % vuonna 2014. (Stora Enso 2013, 2.)

Stora Enson Veitsiluodon tehtaat on Kemissä sijaitseva maailman pohjoisin paperitehdas ja kapasiteetiltaan se on noin viidenneksi suurin metsäteollisuusin-tegraatti Euroopassa. Tehtailla työskentelee Stora Enson ja kunnossapitoyhtiö Efora Oy:n palveluksessa yhteensä noin 850 henkilöä. Tehtaan päätuotteet ovat päällystetty aikakauslehtipaperi, LWC, jota tuotetaan 280 000 tonnia vuodessa ja tulostus-, kirjekuori- ja vihkopaperia 570 000 tonnia vuodessa. Toimistopaperin ja aikakausipaperin päämarkkina-alueet ovat Euroopan Unionin maat. (Stora Enso Oyj 2015.)

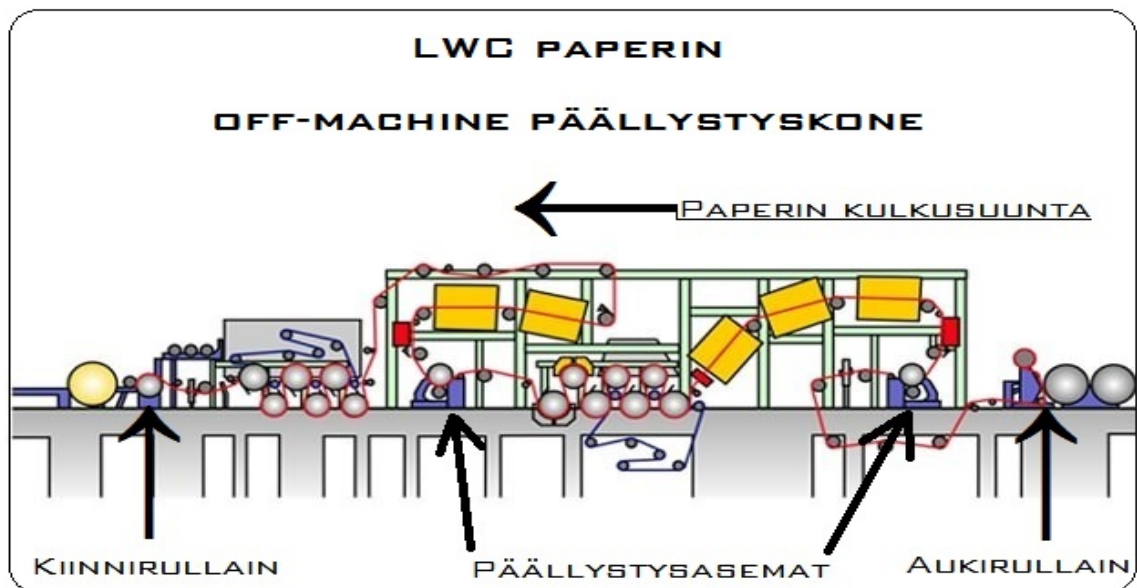
Tehdasalueella on myös oma sulfaattiselluloosatehdas, joka tuottaa happival-kaistua koivu- ja havusellua 375 000 tonnia vuodessa. Sellutehtaan tuotanto kuluu hienopaperikoneiden PK2 ja PK3 raaka-aineeksi. Lisäksi integraattiin kuu-luu Veitsiluodon saha. Sahan nykyinen kapasiteetti on 160 000 kuutiometriä vuodessa mäntysahatavaraa rakennus- ja puuseppäteollisuudelle. Sahan pää-markkina-alueet ovat Japani, Iso-Britannia, Irlanti, Välimerenmaat ja Skandina-via. (Stora Enso Oyj 2015.)

## 2 TEORIA

### 2.1 Paperin päällystys

Paperin päällystys tehdään Stora Enson Veitsiluodon tehtailla PK5:n tuotantolinjassa erillisellä päällystyskoneella, jonka nimi on päällystyskone 5, ja siitä käytetään lyhennettä PPK5. Erillisellä päällystyskoneella tapahtuvaa päällystysprosessia kutsutaan ammattikielessä englanninkielisellä nimellä offline-päällystys. (Knowpap 2015.)

Kuvassa 1 näkyy tyypillinen kaksiasemainen erillispäällystyskone. Vastaava on käytössä myös PPK5:lla. Kuvassa 1 näkyy punaisena viivajananana, miten pohjapaperi kulkee eri vaiheiden läpi, kun se päällystetään ja kuivataan.



Kuva 1. Off-machine päällystyskone. (Knowpap 2015)

Erillispäällystyksen tärkeitä etuja ovat, että päällystyksen satunnaiset vaikeudet eivät huononna muun paperinvalmistusprosessin hyötysuhdetta ja päinvastoin. Myös ajonopeudet ja eräät muut päällystyksessä käytettävät ajoparametrit voidaan valita vapaammin, kun paperikoneen nopeus ei niihin vaikuta. Paperikoneella havaitut reiät voidaan paikata Valmet Optireel-kiinnirullaimella, välirullain 51:llä, josta käytetään jatkossa lyhennettä VR51. (Suomen Paperi-insinöörien yhdistys, 1983, 1305.)



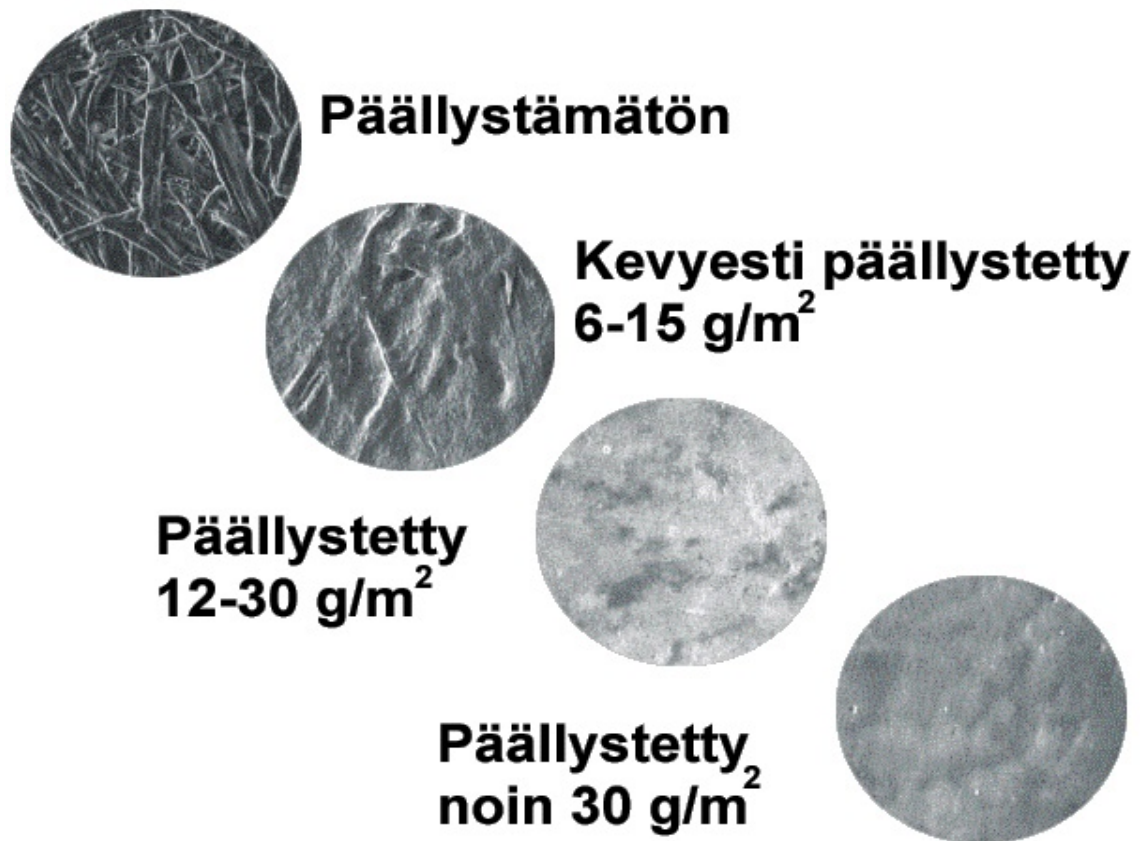
Paperikoneella tulee myös katkoja, jolloin VR51 hoitaa teippiliitosten tekemisen. Teippiliitoksella liitetään yhteen kaksi pienempää konerullaa. VR51 leikkaa molemmista reunoista reunaleikkuuterillä osan pois noin (2–5 cm). Näin saadaan tehtyä tasainen reuna konerullaan. Välrullauksen jälkeen konerulla on valmis päällystettäväksi. Konerulla siirretään PPK5:lle siirtovaunulla.

PPK5:lla päällystettyä paperia käytetään rullaoffset-painatuksessa, joka tarkoittaa, että paperi toimitetaan rullamuodossa painokoneille. Painomenetelmän tarkempi nimitys ammattikielessä on englannin kielellä heat set web offset, joka tarkoittaa offset-menetelmällä tapahtuvaa rullapainatusta, jossa painoväri kuivataan painatuksen jälkeen eri tavoin kuumennetussa kuivatusuunissa painokoneessa. PPK5:n paperia toimitetaan vain tätä painomenetelmää käyttäville painokoneille. (Knowpap 2015.)

#### 2.1.1 Päällystyksen toimintaperiaate

Paperin päällystyksen tarkoituksena on muodostaa pohjapaperin pinnalle painatusalustaksi sopiva kerros, joko yhdellä tai useammalla päällystyskerroksella. PPK5 päällystää molemmat pohjapaperipinnat yhteen kertaan. Painettavuusominaisuudet ovat huomattavasti paremmat päällystetyllä paperilla, kuin pohjapaperilla ja myös laatuominaisuudet verrattuna pohjapaperiin sopivat paremmin korkealaatuisten monivärikuvien painatukseen. (Häggbloom-Ahnger & Komulainen, 2006, 184; Knowpap 2015.)

Pääasiallinen syy pigmenttipäällystyksen käyttöön on paperin painatusominaisuuksien sekä ulkonäön parantaminen muuttamalla optisia ominaisuuksia, kuten kiiltoa, vaaleutta ja opasiteettia. Päällystekerroksessa on huomattavasti pienempi huokoskoko kuin paperissa, kuten kuvassa 2 näkyy, jolloin painomusteen alhaisemman leviämisen ja imeytymisen ansiosta paperin painatusominaisuudet paranevat.



Kuva 2. Päällystämätön ja päällystetty paperi. (Knowpap 2015)

Päällystyksellä voidaan vaikuttaa myös paperin jäykkyyteen sekä veden, rasvan tai liuottimien keston. Paperinpäällystys nostaa tällä tavoin pohjapaperin jalostusastetta samalla, kun se lisää päällystekerrosta vastaavalla tonnimäärällä paperin tuotantoa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 184; Knowpap 2015.)

### 2.1.2 Päällystyspasta

Paperin päällystämällä tarkoitetaan sen pinnoittamista erilaisilla aineilla. Päällystettäessä paperin pintaan levitetään päällystyspasta, joka sisältää pigmenttiä, kuten kaoliinia ja kalsiumkarbonaattia ja lisäksi sideaineita, kuten tärkkelystä ja lateksia. Pastaa levitetään, eli applikoidaan, yleensä vesiseoksena tasaisesti paperiradan pintaan. Päällystemäärä säädetään sopivaksi poistamalla ylimääräinen pasta pois. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 184; Knowpap 2015.)

Päällystyspasta on raaka-aineista sekoittimessa eli mikserissä tehty lietemäinen maalin kaltainen seos, joka levitetään päällystysasemalla paperin pinnalle. Pastan valmistuksella tarkoitetaan prosessia, joka valmistaa päällystysraaka-aineista pastareseptin mukaisen, päällystysasemalle syötettävän päällystyspastan. PPK5:lla on jatkuvatoiminen pastan valmistusprosessi. Se tarkoittaa, että kaikkia pastan raaka-aineita syötetään sekoittimiin koko ajan ja valmista pastaa syntyy vastaavasti jatkuvana virtana varastosäiliölle. (Knowpap 2015.)

Tyypillinen päällysteen kulutus PPK5:lla on 1/3 tuotetun paperin määrästä. Niinpä noin 700 tonnia päivässä tuottavassa PPK5:lla valmistetaan päivittäin noin 233 tonnia päällystyspastaa. Kahteen tai jopa kolmeen kertaan päällystettävissä hieno- ja taidepainopapereissa päällysteen osuus tuotteen kokonaismassasta saattaa ylittää 40 prosenttia. (Knowpap 2015.)

Päällysteenvalmistusprosessin alkupäässä otetaan vastaan raaka-aineet, jotka ovat joko sellaisenaan käyttövalmiita tai vaativat prosessointia, kuten pigmenttien dispergointi tai tärkkelyksen keittoa. Valmiit raaka-aineet puhdistetaan sihtaamalla ja varastoidaan varastosäiliöihin. Varastosäiliöistä raaka-aineet pumpataan pastamikseriin, jossa pastakomponentit sekoitetaan keskenään. Valmis pasta pumpataan varastosäiliöihin, joista se edelleen pumpataan päällystysasemille. (Knowpap 2015.)

### 2.1.3 Päällystyksen kuivatuslaitteet

Päällystyspasta tuodaan päällystysasemalle kiintoaine-vesiseoksena, jonka kuiva-ainepitoisuus vaihtelee noin 40–70 prosentin välillä. Pastan kuiva-ainepitoisuus pyritään saamaan mahdollisimman korkeaksi, koska veden poistaminen vaatii paljon energiaa. Normaalisti kuivatus tehdään erillisillä päällystyksen kuivatuslaitteilla jokaisen päällystysyksikön jälkeen. Pastan kuiva-ainepitoisuuden nostamista rajoittaa kuitenkin päällystysaseman ajettavuus ja päällystetyn paperin laatu. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 184; Knowpap 2015.)

Paperiradan kosteus nousee päällystysasemalla, joten loppukosteuden tai välikosteuden saavuttamiseksi paperiradasta on poistettava ylimääräinen vesi. Kun päällyste levitetään paperiradan pinnalle, vettä alkaa imeytyä välittömästi kuituverkon huokosiin. Kuivatusvaiheessa haihdutetaan vettä päällysteen huokosista. Tällöin sideaineet siirtyvät kohti päällysteen pintaa niin kauan, kun pastassa on vapaata vettä, eli pigmenttihiukkasten väliset tilat ovat veden täyttämiä. Veden siirtymisnopeus riippuu paperiradan ja pastan ominaisuuksista sekä päällystysmenetelmästä. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 184; Knowpap 2015.)

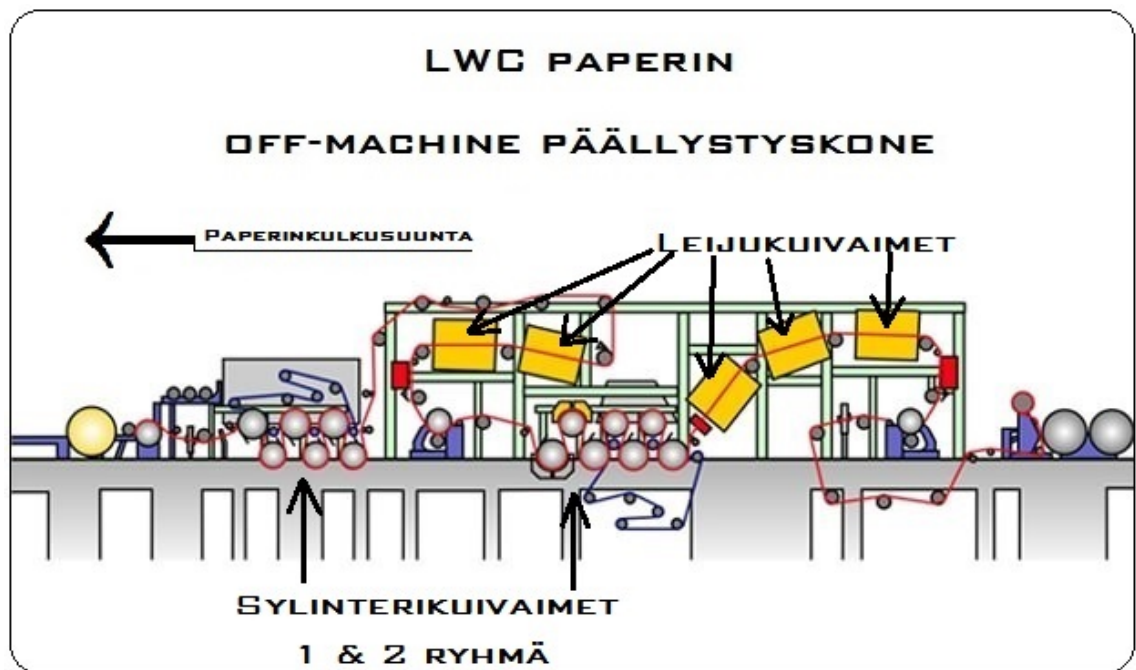
Kuivatus on yksi tärkeimmistä päällystysprosessien osaprosesseista. Tuotannon taloudellisuus, mutta varsinkin lopputuotteen laatu, ovat suuressa määrin riippuvaisia kuivatusprosessista. Vaikka pohjapaperi ja päällystyspasta täyttäisivätkin laatuvaatimukset, paperin painettavuusominaisuudet saattavat olla huonot. Väärä kuivatusstrategia riittää tuotteen pilaamiseen. (Knowpap 2015.)

Päällystetyn paperin kuivatus on hyvin monimutkainen prosessi. Ei välttämättä riitä, että paperi saadaan kuivaksi, vaan lisäksi on tiedettävä lopputuotteen laadun kannalta edullisin tapa poistaa ylimääräinen vesi. PPK5:lla on käytössä leijukuivaimet ja sylinterikuivaimet. Infrakuivaimista luovuttiin, kun ne veivät niin paljon sähköä. Vanhoja leijukuivaimia täytyi uudistaa, jotta molempien päällystysasemien infrakuivaimista voitiin luopua. (Knowpap 2015.)

#### 2.1.4 Leijukuivaimet

Leijukuivaimessa rata kuivataan suuttimista suurella nopeudella (30–75 m/s) paperiradan pintaan puhallettavan kuuman ilmasuihkun avulla. Puhallusilma lämmitetään yleensä kaasupolttimen tai kuumen höyryn avulla. Kaasulämmitteisillä leijuilla päästään n. 300 °C lämpötilaan, kun höyrylämmitteisillä leijuilla jäähdään noin 170 °C lämpötilaan. Energian säästämiseksi suurin osa ilmasta kierrätetään takaisin. PPK5:llä on käytössä matalapainehöyryyn perustuvat leijukuivaimet, joilla päästään noin 180 °C lämpötilaan. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 184; Knowpap 2015.)

Suuttimet sijoitetaan leijulaatikkoihin, jotka sisältävät tulo- ja poistoilmakanavat. Ilma puhalletaan suutinraoista tai rei'istä ja poistetaan suuttimien välistä. Kuivaimen ilmatasapaino tulee säätää sellaiseksi, että rata kulkee yhtä etäällä kuivaimesta koko matkan eli paperi leijuu kuumassa ilmassa. Sääto tapahtuu puhalluksen ja imun säätämällä tasapainoon. Paperin kuivatuksessa käytetään yleensä kaksipuoleisia leijukuivaimia, jotka ovat käytössä PPK5:lla. PPK5:lle on tehty kuivatusleijujen suuttimien uudistus 2000-luvulla. Uusilla suuttimilla kuuma ilma tulee laajemmalla alueella paperiradan pintaan (Kuva 3). (Knowpap 2015.)



Kuva 3. Off-machine päälystyskone kuivatuslaitteistoineen. (Knowpap 2015)

### 2.1.5 Sylinterikuivaimet

Päälystyskoneissa käytetään myös pinnaltaan kuumia sylintereitä poistamaan vettä paperiradalta. Lämmitykseen voidaan käyttää höyryä, öljyä tai sähköä. Yleisimmin käytetään höyr sylintereitä. Märän päälysteen kuivaaminen sylinteriryhmissä on mahdotonta päälysteen tarttumisongelmien vuoksi. Siksi sylinterit sijoitetaan infra- ja leijukuivaimien jälkeen. (Knowpap 2015.)

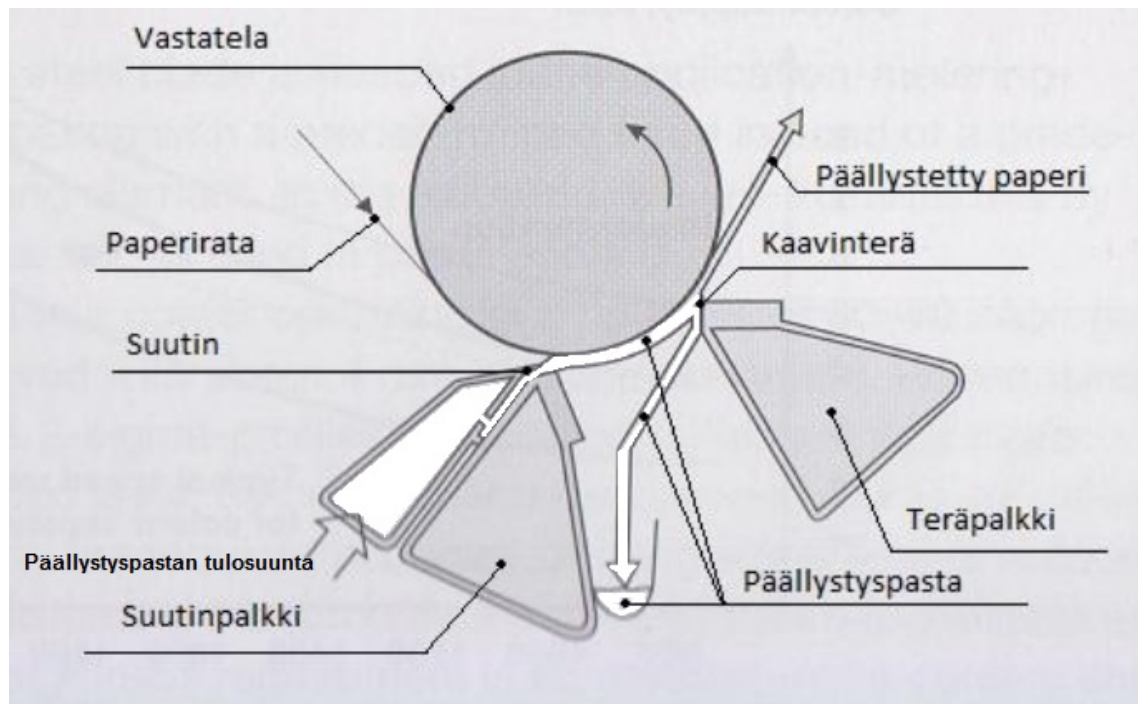
Sylintereillä on tärkeä merkitys kireyden hallinnassa ja ajettavuuden parantamisessa. Sylinteriryhmällä saavutetaan hyvä pito, jolloin kireyden hallinta onnistuu hyvin. Veden haihduttaminen sylintereillä on halpaa höyryn edullisen hinnan vuoksi, varsinkin jos saatavilla on voimalaitoksen vastapainehöyryä. (Knowpap 2015.)

Kuivatussylinterien halkaisijat ovat tyypillisesti 1500 tai 1830 mm ja seinämävahvuudet 20–35 mm. Kuivatuksen aikana höyryä johdetaan tietyssä paineessa olevaan sylinteriin, jolloin höyry luovuttaa lämpönsä sylinterin seinämään ja lauhtuu vedeksi. Lauhde poistetaan sylinteristä erillisillä lauhteenpoistimilla. Sylinterien lämmönsiirtoa voidaan parantaa asentamalla vaipan sisäpinnalle lämpölistat tosin niitä voi käyttää vain nopeilla päällystyskoneilla. Sylintereissä käytetty ylipaine vaihtelee 0.5–6.0 Bar välillä. (Knowpap 2015.)

#### 2.1.6 Suutinapplikointi eli jet-applikointi

Päällystyskoneiden vauhti kasvoi jatkuvasti 1990-luvun alussa. Se loi paineita laitevalmistajille uusien päällystysmenetelmien kehittämiseen. Haasteena oli löytää menetelmä, jolla päästäisiin edelleen asetettuihin laatuvaatimuksiin myös suuremmissa ajonopeuksissa. Laitevalmistajat kehittivät suutinapplikoinnin eli jet-applikoinnin. (Knowpap 2015.)

Suutinapplikoinnissa päällystysseos applikoidaan paperin pinnalle erillisen suuttimen avulla. Suoralla jet-suuttimella pasta applikoidaan päällystettävän paperiradan pinnalle kapeasta koko koneen levyisestä raosta. Rako on tyypillisesti 0.6 - 1.1 mm ja sitä voidaan säätää. PPK5:llä käytössä olevilla Jet Flow F päällystysasemilla suutinrako on säädetty 0.8 mm suuruiseksi (Voith Sulzer 1996b.) Applikoinnissa ei siis ole pastan ylivirtausta. Applikoidun pastan määrää voidaan säätää pastan syöttömäärää muuttamalla. Päällystemäärä säädetään halutun suuruiseksi kaavinterän avulla. Applikointialueelle syötetty ylimääräinen pasta valuu paluuseinämästä paluukaukaloon ja sieltä takaisin konekiertoon. (Kuva 4). (Hägglblom-Ahnger & Komulainen 2006, 184; Knowpap 2015.)



Kuva 4. Jet-päälystimen toimintaperiaate. (Knowpap 2015)

Päälystysleveys säädetään reunarajoittimilla, jotka on esisäädetty ohjelmallisesti. Tarvittaessa reunaleveyttä voidaan säätää, joko ohjausjärjestelmästä tai päälystysasemilla olevista napeista. Jet-suutinapplikointi toimii sitä paremmin, mitä terävämpi ja nopeampi päälysteseossuihku on. Tämä vaatii oikean suutin-geometrian sekä päälysteseoksen syöttöputkiston. (Knowpap 2015.)

Jet Flow F -päälystysasemilla voidaan säätää pastan suihkukulmaa ja pastan pumppausmäärää. Nämä molemmat ovat siis aktiivisia aseman hallintasuureita, joita voidaan muuttaa varsin vapaasti. Pastan viskositeetin kasvaessa paluuvirtaustaipumus pienenee. Jet-aseman toimintaan vaikuttaa oleellisesti ilmanpoistin. Koska jet-suutin syöttää pastan suoraan paperiradan pintaan, pastassa olevat ilmakuplat aiheuttavat päälysteettömiä alueita paperin pinnalle. (Knowpap 2015.)

Tästä syystä ilma poistetaan pastasta ilmanpoistimen avulla, joka poistaa suuret ilmakuplat pastasta. Pienet kuplat (~100 mm) ja pigmenttipartikkeleihin sitoutunut ilma eivät haittaa merkittävästi päälystystä. Jet-päälystys soveltuu lähes kaikille paperilajeille. Suutinapplikoinnilla varustetuilla päälystysasemilla voidaan kattaa hyvinkin laaja päälystemääräalue (5-20 g/m<sup>2</sup>). (Knowpap 2015.)

### 2.1.7 Teräkaavinta päällystyksessä

Teräpäälystyksessä päällystemäärää säädetään kaavinterän avulla, joka on 0,3–0,6 mm paksu jousiteräksestä valmistettu terä. Sen kärki voi olla viistetty 25–45° kulmaan, jolloin terää kuormitetaan siten, että viiste on paperin kanssa mahdollisimman yhdensuuntainen. Tällöin puhutaan suorkulmapäälystyksestä. PPK5:llä on käytössä nykyisin kovametalliset kaavinterät, joiden kulma on 43°. Ennen käytössä olleet jousiteräksestä valmistetut terät joutui vaihtamaan joka katkossa uusiin. Nykyisin käytössä olevat kovametalli kaavinterät vaihdetaan vasta kahden vuorokauden tuotannollisen ajon kuluttua. Molemmilla päällystysasemilla on käytössä laskurit, jotka mittaavat aikaa. Laskuri nollaantuu, kun kaavinterä vaihdetaan uuteen. (Knowpap 2015.)

Terägeometria vaikuttaa päällysteen laatuun, koneen ajettavuuteen ja päällystemäärän säädettävyyteen. Joustava ja jännitetty terä tasoittaa applikoidusta päällysteseoskerroksesta, kuormituksesta tai teräpalkin suorudesta tulevia virheitä ja mahdollistaa päällystemäärän säädön ja profiilien hallinnan. Terän jäykkyyteen voidaan vaikuttaa terän ulottumalla, kuormituspisteen paikalla ja terän paksuudella. Joustava terä antaa usein hyvän ajettavuuden, mutta voi aiheuttaa säädettävyyss- ja laatuongelmia. (Knowpap 2015.)

Toisaalta jäykkä terä voi antaa helpon säädettävyyden ja parantaa tiettyjä laatuaroja, mutta saattaa samalla huonontaa ajettavuutta ja osaa laatutekijöistä. Teräkulmalla on vaikutusta laatuun, ajettavuuteen ja säädettävyyteen. Pieni teräkulma parantaa usein laatua, pinnan sileyttä ja ajettavuutta, mutta voi johtaa ongelmiin päällysteen säädössä. (Knowpap 2015.)

LWC:n päällystyksessä ja suurilla ajonopeuksilla normaali terän kärkikulma on 40 astetta. Se on teoreettisesti optimaalinen applikoinnista tai kuormituksen epätasaisuudesta tulevien häiriöiden kannalta ja antaa riittävän hyvän ajettavuuden. Pienempi teräkulma suurilla ajonopeuksilla rasittaa päällysteseosta ja voi johtaa "parran" muodostukseen. Lisäksi pieni kulma vaikeuttaa päällystemäärän säätöä etenkin pienillä päällystemäärillä. (Knowpap 2015.)



Kaavinterän paksuutena käytetään yleisimmin 0,381 tai 0,457 mm:ä. Paksumpi terä voi vähentää, varsinkin lyhytviipymäpäälystyksessä, päälysteen vanamaisuutta, mutta voi toisaalta huonontaa normaalia poikittaisprofiilia. Paksumpi terä antaa suuremman päälystemäärän samalla terän kärjen viivakuormatasolla eli samaan päälystemäärätasoon pitää paksumpaa terää kuormittaa enemmän, koska terän viiste on pidempi. (Knowpap 2015.)

Oikean terägeometrian valinta on usean muuttujan samanaikaista huomioonottamista. Käytännössä ratkaisuihin on päädytty pitkäaikaisen kokemuksen kautta, joskin laitteiden ja ajo-olosuhteiden muuttuessa voivat optimiratkaisut muuttua suuntaan tai toiseen. (Knowpap 2015.)

#### 2.1.8 Suutinnokan jäähdytysjärjestelmä

PPK5:llä on jäähdytysjärjestelmä, jonka avulla jäähdytetään 1- ja 2-päälystysasemien pastan paluuvirtauspintoja. Jäähdytettyinä ovat pastan paluupelti ja paluukaukalo. Jäähdytyksen ansiosta pastan paluupellin ja paluukaukalon pinnoille muodostuu kondenssivesikerros, joka estää pastan kuivumisen näille pinnoille. (Voith Sulzer 1996a.)

PPK5:lta löytyy lämmitysjärjestelmä, mutta sen tarkoituksena on lämmittää teräpalkkia ja Jet Flow F -suutinpalkkia 1- ja 2-päälystysasemilla. Lämmitysjärjestelmän tavoitteena on, että teräpalkin ja Jet Flow F -suutinpalkin käyttölämpötilat ovat samat, kuin päälystykseseen käytettävän pastan lämpötila. Lämmönvaihdin on mitoitettu toimimaan siten, että järjestelmä saavuttaa käyttölämpötilansa noin kahdessa tunnissa (Voith Sulzer 1996a.)

Kun tuotanto on käynnissä PPK5:llä, johdettavan lämpöenergian määrä on suhteellisen pieni. Teräpalkin ja Jet Flow F -suutinpalkin etu- ja takaseinän lämmittämällä estetään palkin lämpöjännitykset, sekä tästä aiheutuvan teräpalkin ja Jet Flow F -suutinpalkin taipuminen. (Voith Sulzer 1996a.)

## 2.2 Pinnoitusteknologia

Kunnossapito- ja puhtaanapitokustannuksia tulee, kun metallituotteet naarmuuntuvat ja kuluvat. Näistä syistä osittain johtuva likaantuminen ja korroosioon johtava vaurioituminen aiheuttaa bakteerikasvustojen muodostumista. Tämä vähentää myös tuotteiden käyttöarvoa erilaisissa käyttöympäristöissä. Edellä mainitut tekijät aiheuttavat tuotannollisia menetyksiä ja laatuongelmia mm. prosessiteollisuudelle ja elintarviketeollisuudelle. (VTT 2008, 9.)

Kun ymmärretään, mistä likaantuminen johtuu, voidaan lähteä hakemaan parhaiten toimivia menetelmiä likaantumisen estämiseksi ja puhdistamisen helpottamiseksi. Näitä ongelmia voidaan vähentää pinnoittamalla metallituotteet erilaisilla pinnoitteilla, kuten sooli-geelimenetelmällä tai Teflon® pinnoitteilla. Korkeatasoinen materiaalitekniikan osaaminen ja soveltaminen nähdään uusien, luovien ja kilpailukykyisten tuotteiden sekä prosessien mahdollistajana. Monessa tapauksessa materiaalin kestävyys ja toiminnallisuuden kannalta ratkaisevaksi muodostuu pintaominaisuuksien ymmärtäminen ja hallinta. (Tekes 2006, 4; VTT 2008, 9.)

Tähän opinnäytetyöhön löytyi pinnoitteita mm. nestemäisiä ja kiinteitä vaihtoehtoja. Nestemäisiin pinnoitteisiin kuuluvat Alu-Relecon MicroCoat® ADVANCED, Millidynen AS-02 ja Optimum Opti-Coat 2.0 pinnoitteet. Kiinteisiin pinnoitteisiin voitaisiin lukea Alu-Relecon Teflon® pinnoite, koska pinnoite ei ole nestemäisessä muodossa, vaan jauhemainen. Myös Outokummun Terästehtaan näytelevyt ovat kiinteitä pinnoitevaihtoehtoja.

### 2.2.1 Alu-Releco MicroCoat® ADVANCED

MicroCoat-pinnoitusmenetelmä on suunnattu erityisesti paperi- ja kartonkikoneiden paikanpäällä tapahtuvaan pintakäsittelyyn. Uusi Microcoat® ADVANCED-pinnoite on kehitetty yhteistyössä mm. VTT:n ja Tekesin kanssa. Tämä

uusi pinnoite hylkii likaa paremmin ja on pitkäikäisempi kuin aikaisempi tuote. Pinnoite muodostaa kappaleen pintaan likaa hylkivän, alle 1µm kerroksen. Pinnoite auttaa puhtaana pysymisessä ja helpottaa puhdistamista. MicroCoat ADVANCED on riskitön ja ympäristöystävällinen tuote. Se vähentää myös bakteerien kasvua käyttökohteissa. (Alu-Releco Oy 1992a.)

### 2.2.2 Alu-Releco Teflon®

Teflon® FEP -pinnoite on lämpökäsiteltävä fluorimuovipinnoite, jolla on hyvät kemian- ja korroosionkesto ominaisuudet yhdistettynä erinomaisiin non-stick-ominaisuuksiin. Teflon® FEP -pinnoite soveltuu hyvinkin monimuotoisten kappaleiden pintakäsittelyyn. Pinnoitepaksuudet voivat olla noin 30–800µm. Pinnoiteprosessin aikana kappale lämmitetään noin 370 °C lämpötilaan. (Alu-Releco Oy 1992b.)

### 2.2.3 Millidyne AS-02

Millidynen AS-02 on matalaenerginen, lämpökovettuva ohutpinnoite ruostumattomille teräksille. AS-02 perustuu alkoholipohjaiseen sooli-geeli-kemiaan. Tuotteen ominaisuuksiin kuuluu helposti puhdistettava ja likaa hylkivä pinta. Tuotteella on myös erinomainen tarttuvuus teräksen pintaan ja se kestää myös mekaanista rasitusta. Pinnoite ei muuta teräksen ulkonäköä, se muodostaa vettä ja rasvalikaa hylkivän pinnan. AS-02 muodostaa ohuen noin 1µm pinnoitteen. Pinnaasta tulee matalaenerginen, jolloin puhdistukseen tarvitaan vähemmän työtä ja puhdistusaineita. Pinnoite vähentää huomattavasti orgaanisen lian tarttumista. Pinnoitteesta ei irtoa haitallisia komponentteja prosessiin. (Millidyne Oy 2011.)

#### 2.2.4 Optimum Opti-Coat 2.0

Optimum Opti-Coat 2.0 on suunniteltu autojen ulkopinnoille, suojaamaan maali-pintaa. Valmistaja lupaa erinomaista kemiallista kestävyyttä pinnoitteelle ja käytännössä se voidaan poistaa vain mekaanisesti eli koneellisella kiillotuksella. Opti-Coat 2.0 sopii mm. lakka, muovi, kromi, alumiini ja ruostumattomien teräksien pinnoituksiin. Yksi kerros Opti-Coat 2.0 muodostaa ohuen noin 2 µm kerroksen (Projectech 2014.)

#### 2.2.5 Ruostumattomat näytelevyt

Näytelevyt saatiin Outokummun Tornion terästehtaalta. Levyjä oli seitsemää eri laatua ja kaikissa pinnankarheudet olivat erit. Pinnankarheudet mitattiin Lapin ammattikorkeakoulun tki-yksikön, Compuksen, tiloissa SFS-EN 10049 standardin mukaan. Ruostumattomien teräslevyjen pinnankarheudet olivat välillä 0.02  $R_a$  – 0.19  $R_a$ .

### 3 TUTKIMUSMENETELMÄT

#### 3.1 Prosessitiedon haku ja käsittely

Veitsiluodon tehtaalla on käytössä TIPS-tuotannonohjausjärjestelmä, jota ylläpitää Tieto Oy. TIPS on kokonaisvaltainen ohjausjärjestelmä ja sieltä löytyy reaalitietoa mm. PPK5:n katkojen lukumääristä ja niiden kestoajoista. TIPS-järjestelmästä haettiin tietoa, jota analysoitiin MS Excel2013-taulukkolaskentasovelluksella. Tavoitteena oli saada tietoa PPK5:n katkoajoista.

#### 3.2 Teemahaastattelut

Olen itse työskennellyt päälystyskone viidellä vuodella 1997 lähtien, joten minulla oli hyvä pohjatieto siitä, mihin asioihin tässä opinnäytetyössä kannattaisi kiinnittää huomiota, jotta katko aika saataisiin lyhenemään pysyvästi. Halusin kuitenkin haastatella kaikkia viittä eri vuoron prosessihenkilökuntaa ja saada näin varmistusta sille, että opinnäytetyössä keskitytään oikeisiin ongelmakohtiin. Halusin pitää haastattelut varsin vapaamuotoisena, koska haastattelut pidettiin työpaikalla samaan aikaan, kun prosessihenkilökunta valvoi prosessia.

Teemahaastattelussa oli neljä kysymystä, jotka olivat kaikille haastateltaville samat. Haastattelukysymykset on esitetty (Kuvassa 5). Valmiita vastausvaihtoehtoja ei haastateltaville annettu.

Teemahaastattelu kysymykset PPK5.

Kysymykset on kysytty Tammi - Helmikuun aikana 2015

<p>1. Minun opinnäytetyön aiheena on katkoajan lyhentäminen, mitä pitäisi tapahtua jotta katkoajat lyhenisivät.</p>	<p>3. Voisiko nykyistä vuodesta 1985 ollutta toimintatapaa päivittää tai muuttaa paremmaksi nykyisellä miehityksellä.</p>
<p>2. Mitkä katkonaikaiset puhdistustoimenpiteet vievät teidän mielestä eniten aikaa.</p>	<p>4. Jos katkon aikana tulisi lisäämiehiä puhdistamaan PPK5:ta, mitä heidän kannattaisi tehdä.</p>

Kuva 5. Teemahaastattelukysymykset.

### 3.3 Päälystysasema 1 & 2 lämpökamerakuvaukset

Molempien päälystysasemien suutinnokan alueet lämpökamerakuvattiin. Lämpökamerakuvauksella oli tarkoitus tutkia onko 2-päälystysaseman suutinnokan alue lämpimämpi, kuin 1-päälystysaseman suutinnokan alue ja mikä on mahdollinen lämpötilaero. Oman kokemuseräisen tiedon mukaan 2-päälystysaseman suutinnokka on vaikeampi saada puhtaaksi, kuin 1-päälystysaseman suutinnokka ja oli epäily siitä, että lämpötilaero olisi syy tähän.

### 3.4 Pinnankarheuden mittaaminen

Pinnakarheusmittauksilla pyrittiin selvittämään nykyisin käytössä olevan suutinnokan ja testattavaksi valittujen ruostumattomien terästen pinnankarheudet. Pinnankarheusmittaukset tehtiin Mitutoyo Surftest SJ-301 laitteistolla standardin SFS-EN 10049:2013 mukaan.

### 3.5 Valomikroskooppitutkimukset

Valomikroskooppitutkimuksilla selvitettiin testattavien pintojen luonnetta. Pinnat tutkittiin ja kuvattiin Leica IDM 5000M käänteismikroskoopilla. Tavoitteena oli saada selkeä käsitys siitä, miten testattavien näytteiden pinta erosi toisistaan.

### 3.6 Painepesuritesti

Painepesuritestissä näytelevyt kiinnitettiin levyille suunniteltuun telineeseen. Painepesuri kytkettiin päälle ja vesisuihkun annettiin vaikuttaa näytelevyyn viisi sekuntia. Puhdistetusta näytelevystä otettiin valokuva ja sille tehtiin visuaalinen tarkastus. Painepesuritestit myös videokuvattiin Olympus TS-320 vesitiiviillä digitaalikameralla.

Edellä mainitut toimenpiteet toistettiin kaikille näytelevyille. Ensin testattiin ruostumattomia koelevyjä, koska haluttiin selvittää onko pinnankarheudella ratkaisevaa merkitystä puhdistustulokseen. Toisessa testijaksossa tutkittiin eri pinnoitteiden vaikutusta puhdistettavuuteen. Toiseen kokeeseen valittiin neljä erilaista pinnoitetta. Kokeet tehtiin Stora Enson Veitsiluodon tehtailla PPK5:lla. Testissä käytettiin samanlaista painepesuria, jota prosessinhoitajat käyttävät suutinnokan pesussa.

Näytelevyt olivat huoneenlämpöisiä ja täysin puhtaita. Näytelevyt upotettiin astiaan, jossa oli päällystepastaa. Päällystyspastan lämpötila oli +44°C. Näytelevy otettiin pois ja levyä kallistettiin kaksi sekuntia, jotta ylimääräinen päällystepasta valuisi pois levyn pinnoilta. Tämän jälkeen kaikki näytelevyt asetettiin vaak asentoon kuivumaan. Kuvassa 6 olevat näytelevyt olivat kuivumassa +28°C lämpötilassa PPK5:lla 2-sylinterikuivatusryhmän takana noin 42 tuntia.



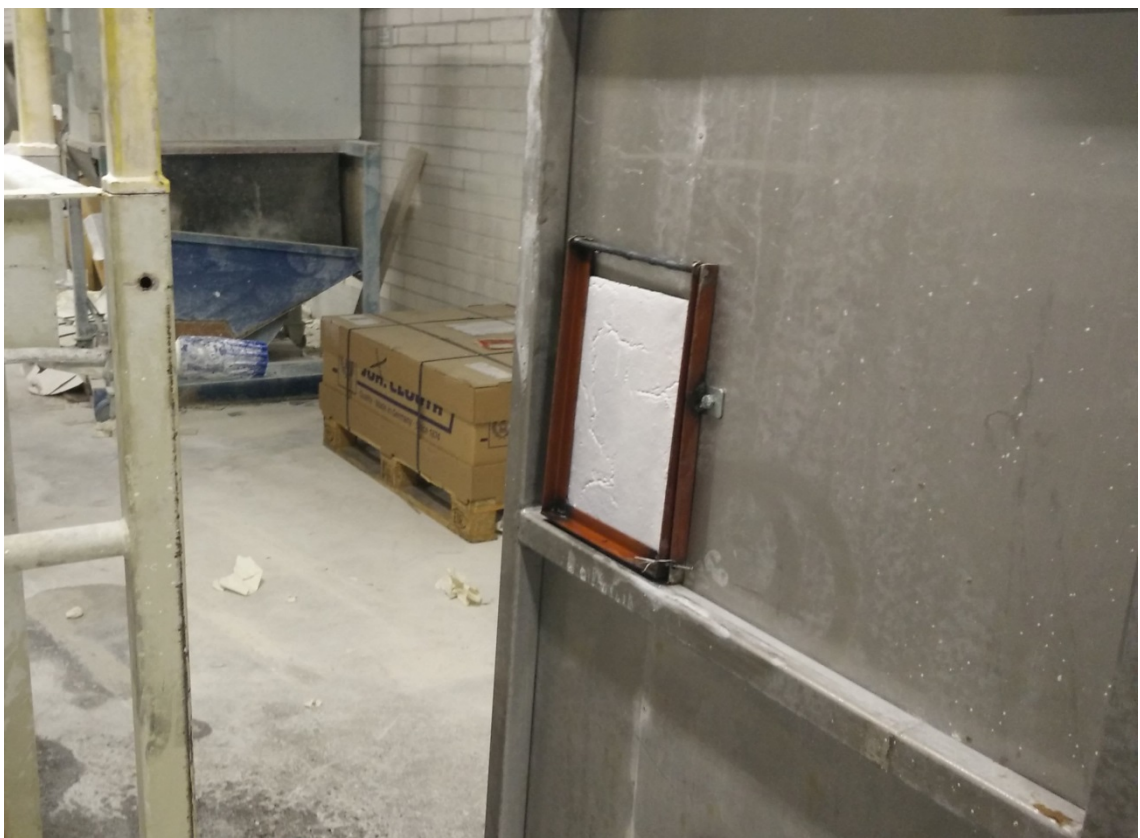
Kuva 6. Näytelevyt kuivumassa.

Testauksessa painepesurin veden lämpötila oli toisessa testissä kymmenen astetta lämpimämpää (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Testien lähtöarvoja.

	Testi 1	Testi 2
Pastanlämpötila	44°C	49,1°C
Painepesuriveden lämpötila	37,5°C	27,5°C
Näytelevyn kuivumislämpötila	28°C	30,2°C
Näytelevyn kuivumisaika	42h	45h
Painepesurisuihtimen etäisyys näytelevystä	400mm	400mm
Painepesurin paine	158bar	158bar
Painepesurin suihkutusaika	5sek	5sek
Näytelevyn kulma	90°	90°

Kuivatuksen jälkeen näytelevyt kiinnitettiin kuvassa 7 olevaan telineeseen.



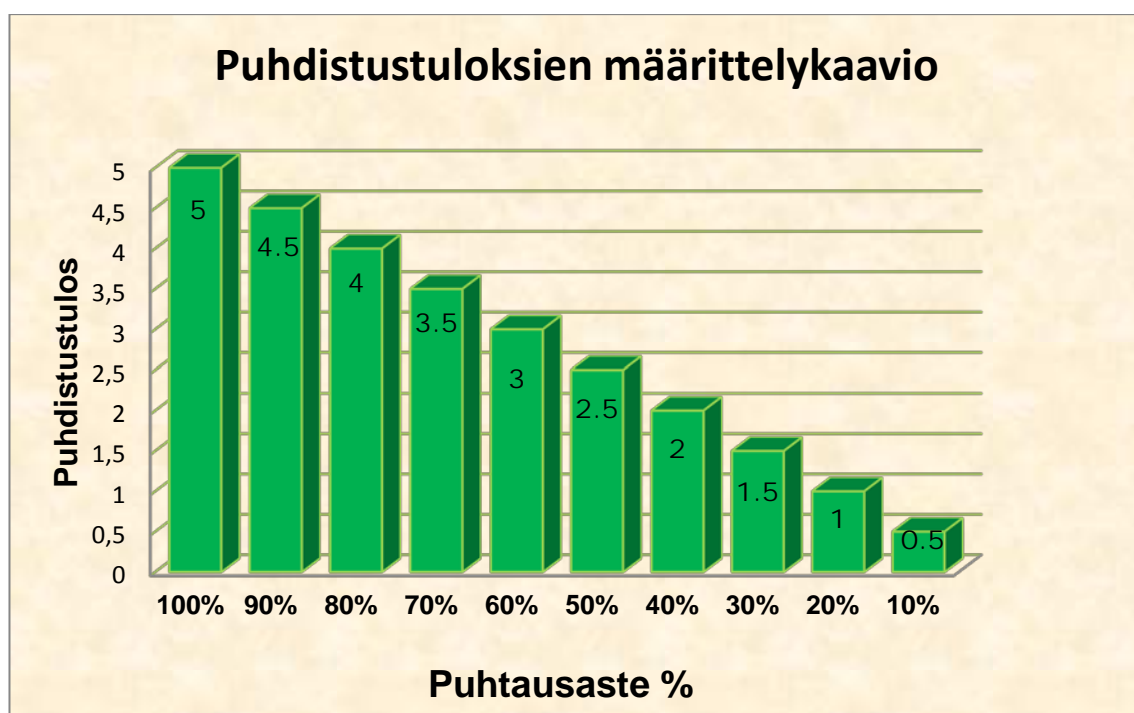
Kuva 7. Näytelevyjen kiinnitysteline.



Ensimmäisessä painepesuritestissä oli mukana Tornion Outokummun terästehtaalta saadut ruostumattomat näytelevyt ja verrokkina niille otettiin Alu-Relecon Teflon® pinnoite. Ensimmäisen painepesuritestin tarkoituksena oli selvittää, onko ruostumattoman teräslevyn pinnankarheudella merkitystä puhdistettavuuteen. Toisessa painepesuritestissä oli mukana testiin saatuja erilaisia pinnoitteita, joista Teflon® pinnoitetta oli testattu jo ensimmäisessä painepesuritestissä. Sama Teflon® näytelevy otettiin myös tähän testiin mukaan. Mukana oli myös Optimum Opti-Coat 2.0, Alu-Releco Microcoat® ADVANCED ja Millidynen AS-02 pinnoitteet.

### 3.7 Puhdistettavuuden arviointi

Painepesuritestien tulosten arvioinnissa käytettiin silmämääräistä tarkastusta. Sitä varten muodostettiin kymmenportainen arvosteluasteikko, jossa numeroarvo sidottiin arvioituun puhtausasteeseen kuvan 8 mukaisesti. Puhtausasteella tarkoitetaan tutkittavan alueen puhdistuneen pinta-alan osuutta kokonaispinta-alasta.

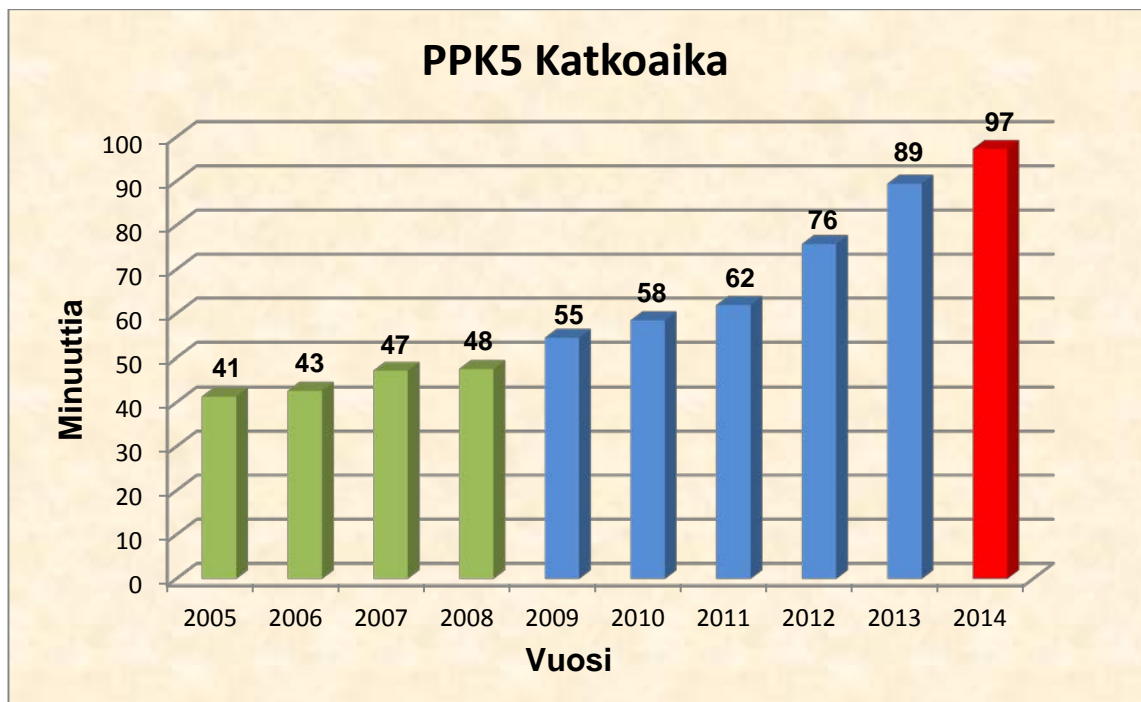


Kuva 8. Painepesuritestin puhdistustuloksen riippuvuus puhtausasteesta.

## 4 TULOKSET

### 4.1 PPK5:n nykytilan kuvaus

PPK5:n katkoajat ovat viime vuosina kasvaneet huomattavasti. Tähän löytyy monia syitä. Kuvassa 9 on esitetty katkoajien vuosikeskiarvot minuutteina vuosina 2005–2014. Pylväiden värien merkitys on seuraava: vihreä = alkuperäinen miehitys, sininen = miehistöä on vähennetty ja punainen = nykyinen miehistö. Kuvasta nähdään, että keskimääräinen katkoaika on yli kaksinkertaistunut tarkasteltuna aikavälinä.



Kuva 9. PPK5:n keskimääräiset katkoajat 2005–2014.

### 4.2 Prosessinhoitajien työt katkon aikana

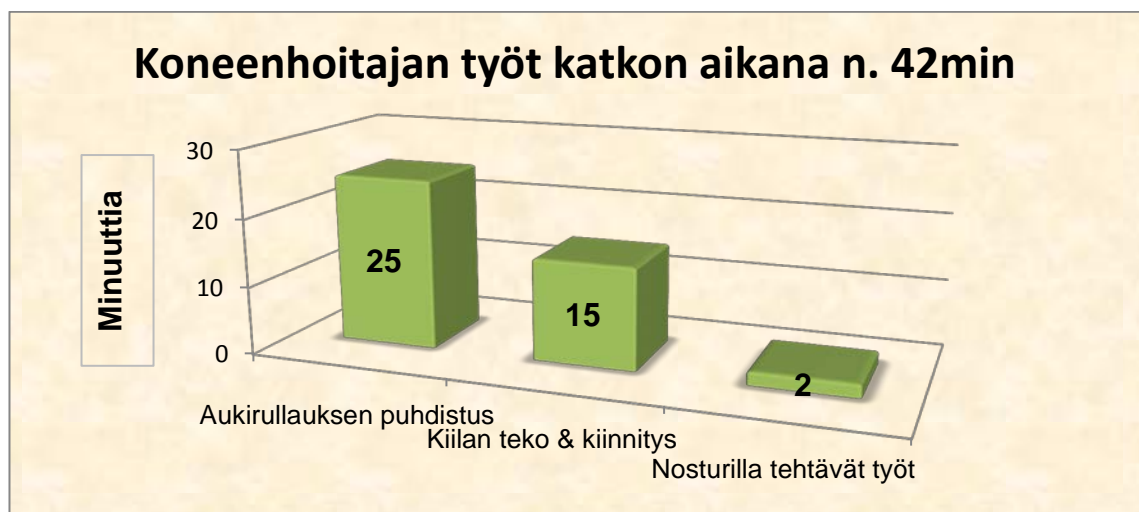
Alkuperäisellä toimintamallilla PPK5:lla oli 5 prosessinhoitajaa töissä. Vuonna 2009 lakkautettiin välirullaaja 52:n vakanssi (VR52 tästä eteenpäin) ja vuonna 2012 pastanvalmistajan vakanssi. Vähennyksien myötä PPK5:lla on nykyisin töissä 3 prosessinhoitajaa, (koneenhoitaja, 1- ja 2 - konemies), joilla on katkossa kaikilla omat tehtävänsä.

Tämän opinnäytetyön tekijä on työskennellyt pitkään PPK5:lla. Seuraavat tulokset, joissa käsitellään katkon aikana tehtäviin töihin kuluva aikaa perustuva hänen kokemukseensa ja henkilökohtaiseen arviointiin, Kyseessä on siis suuntaa antava arvio, ei täsmälliseen ja tilastollisesti kattavaan tietoon perustuva laskenta. Annetut arviot antavat kuitenkin hyvän pohjan asian tarkastelulle.

Nykyinen toimintamalli on muotoutunut viimeisimpien PPK5:n miehistövähennyksien myötä. Koneenhoitajalle ja 2-konemiehelle ei ole tullut katkossa tehtäviä lisätöitä miehistövähennyksien toteuduttua. Sen sijaan 1-konemiehelle on tullut paljon lisätöitä, jotka täytyy katkon aikana tehdä.

#### 4.2.1 Koneenhoitajan katkon aikana tehtävät työt

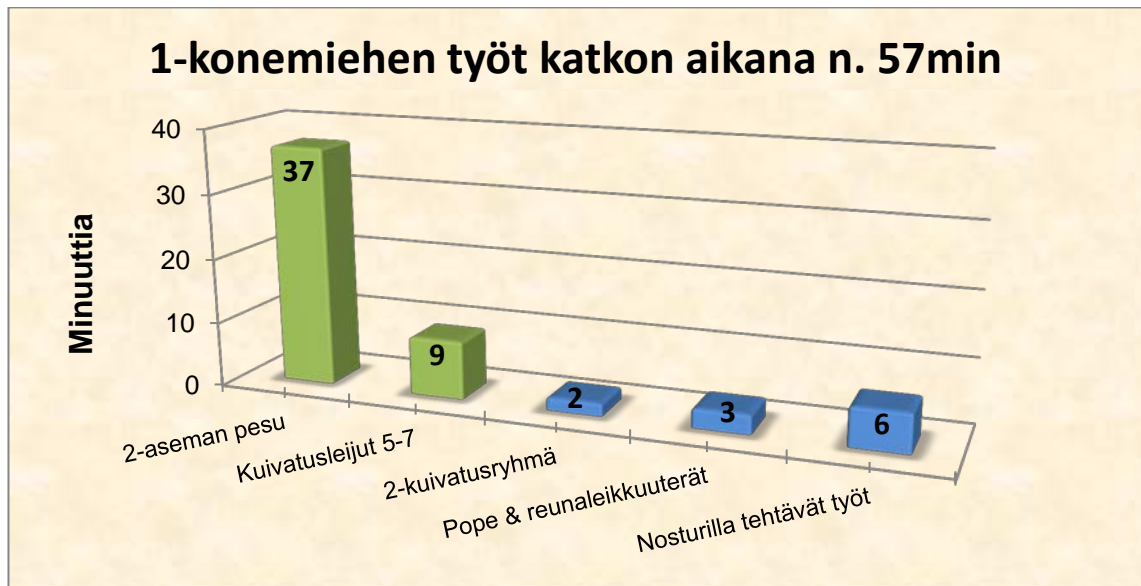
Koneenhoitajalle kuuluu katkon aikana aukirullausalueen puhdistus ja siihen liittyvät työt (ks. kuva 10). Usein katko tulee täydelle konerullalle ja silloin on aukirullauksessa paljon hangottavaa paperia. Työhön kuluu nykyisin keskimäärin 25 minuuttia, mikä on enemmän kuin aikaisemmin, koska aukirullauksen kottiluukun (luukku, josta katkennut paperi voidaan pudottaa alakertaan pois tieltä) aukeamaa on pienennetty työturvallisuuden vuoksi. Kiilan teko ja kiinnitys vie arviolta aikaa noin 15 minuuttia ja nosturilla tehtävät työt vievät noin 2 minuuttia.



Kuva 10. Koneenhoitajan työt katkon aikana.

#### 4.2.2 1-konemiehen katkon aikana tehtävät työt

Kuvassa 11 on eritelty, mitä alueita 1-konemiehen täytyy puhdistaa katkon aikana. Eniten aikaa menee 2-aseman pesuun eli noin 37 minuuttia. Kuivatusleijuihin 5–7 liittyvät työt vievät aikaa arviolta noin 9 minuuttia, 2-kuivatusryhmään noin 2 minuuttia, pope & leikkurinteriin noin 3 minuuttia ja nosturilla tehtäviin töihin noin 6 minuuttia. Kuvan 11 pylvään sininen väri kuvastaa niitä lisätöitä, mitä on tullut lisää 1-konemiehelle miehistövähennyksien toteuduttua. Niitä ovat 2-kuivatusryhmän puhdistustyöt, popen ja reunaleikkuuterien puhdistus ja nosturilla tehtävät työt.



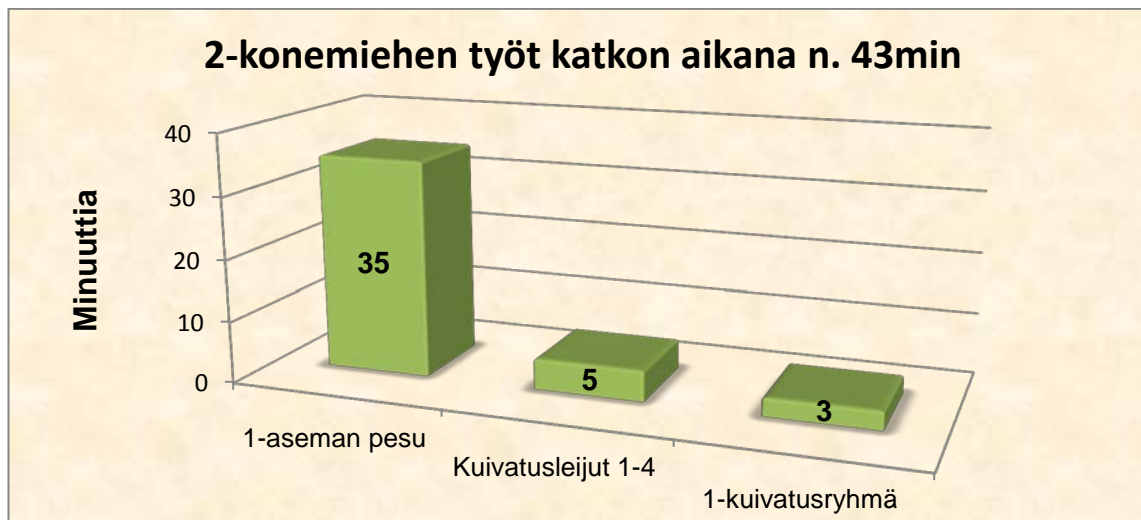
Kuva 11. 1-konemiehen työt katkon aikana.

Kun 2009 VR52 vakanssi lakkautettiin, hänen katkonaikaiset puhdistustyönsä siirtyivät 1-konemiehelle ja voidaankin todeta, että vastaavasti katkoaika kasvoi näiden tehtävien myötä. Useissa vuoroissa kuitenkin pastanvalmistaja meni avuksi PPK5:n jälkipäähän paikkaamaan 1-konemiehen kasvavaa työmäärää. Pastanvalmistajan vakanssi lakkautettiin vuonna 2012 ja vähennykset hoidettiin eläkeratkaisujen kautta. Siirtymäaika oli vuoden 2013 loppuun asti. Tämän siirtymäajan jälkeen pastanvalmistajan vakanssi poistui ja tämäkin apu loppui 1-konemiehelle.

#### 4.2.3 2-konemiehen katkon aikana tehtävät työt

2-konemiehellä ovat katkonaikana pysyneet samat työt, kuin ennen miehistövähennyksiä. Näitä ovat 1-aseman puhdistustyöt, leijukuivaimien puhdistus ja 1-kuivatusryhmän puhdistus.

Eniten aikaa vie 1-aseman pesu (ks. kuva 12), joka kestää noin 35 minuuttia. Sen aikana puhdistetaan mm. vastatela, pätkätela, suutinnokan alue sekä 1-aseman alueen lattiat. Monesti myös pastaa ja paperia on roiskunut ympäriinsä, ja se täytyy poistaa paloletkulla. Eniten aikaa kuitenkin 1-aseman pesussa vie suutinnokan puhdistus. Kuivatusleijujen vaatimat puhdistustyöt vievät arviolta aikaa noin 5 minuuttia ja 1-kuivatusryhmän noin 3 minuuttia.



Kuva 12. 2-konemiehen työt katkon aikana.

#### 4.3 Teemahaastattelujen tulokset

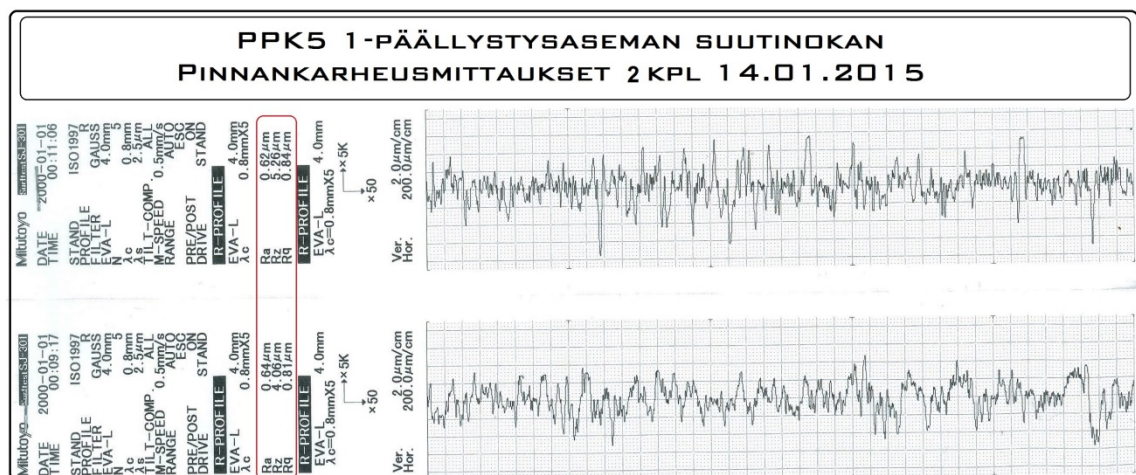
Ensimmäisellä kysymyksellä haettiin ideoita ja kokemusperäistä tietoa katkoajien lyhentämiseksi. Vastausten perusteella tähän on selvä keino: nopeampi toiminta katkon aikana. Eniten aikaa vastausten perusteella vie suutinnokan puhdistus ja aukirullauksen alueelle katkon yhteydessä syntyvä kottikasa. Tähän selkeä syy on liian pieni kottiluukku. Kottiluukku on pienennetty työturvallisuusriskien minimoimiseksi.

Suutinnokan puhdistus oli kaikkien vuorojen mielestä selkeästi työläin ja eniten aikaa vievä työvaihe. Kolmanteen kysymykseen, jossa pyydettiin kertomaan ajatuksia paremmasta toimittavasta, ei saatu ehdotuksia tässä teemahaastattelussa. Henkilöresurssien lisäämisen suhteen toivottiin apuja kiinnirullaimen alueen nosturilla tehtäviin nostoihin ja 1 & 2 sylinterikuivaimien puhdistukseen.

Teemahaastattelujen yhteydessä selvisi myös se, että kun PPK1 lopetti toimintansa maaliskuussa 2014, siirtyi sieltä vanhoja työntekijöitä PPK5:lle ja he kertoivat, että PPK1:llä suutinnokalle suunniteltu jäähdytysjärjestelmä. Tämä jäähdytysjärjestelmä muodosti suutinnokan pinnalle kondenssivesikerroksen ja se auttaa huomattavasti suutinnokan puhdistettavuutta katkossa.

#### 4.4 Pinnankarheusmittaustulokset

Esimerkki suutinnokan pinnankarheusmittauksen tuloksena syntyneestä pinnankarheusprofiilista on esitetty kuvassa 13. Viiden mittauksen tuloksista laskettu keskimääräinen pinnankarheus oli  $R_a = 0.7 \mu m$  ja maksimiprofiilin syvyys  $R_z = 4.9 \mu m$ . Täydelliset pinnankarheusmittaustulokset on annettu liitteessä 1.

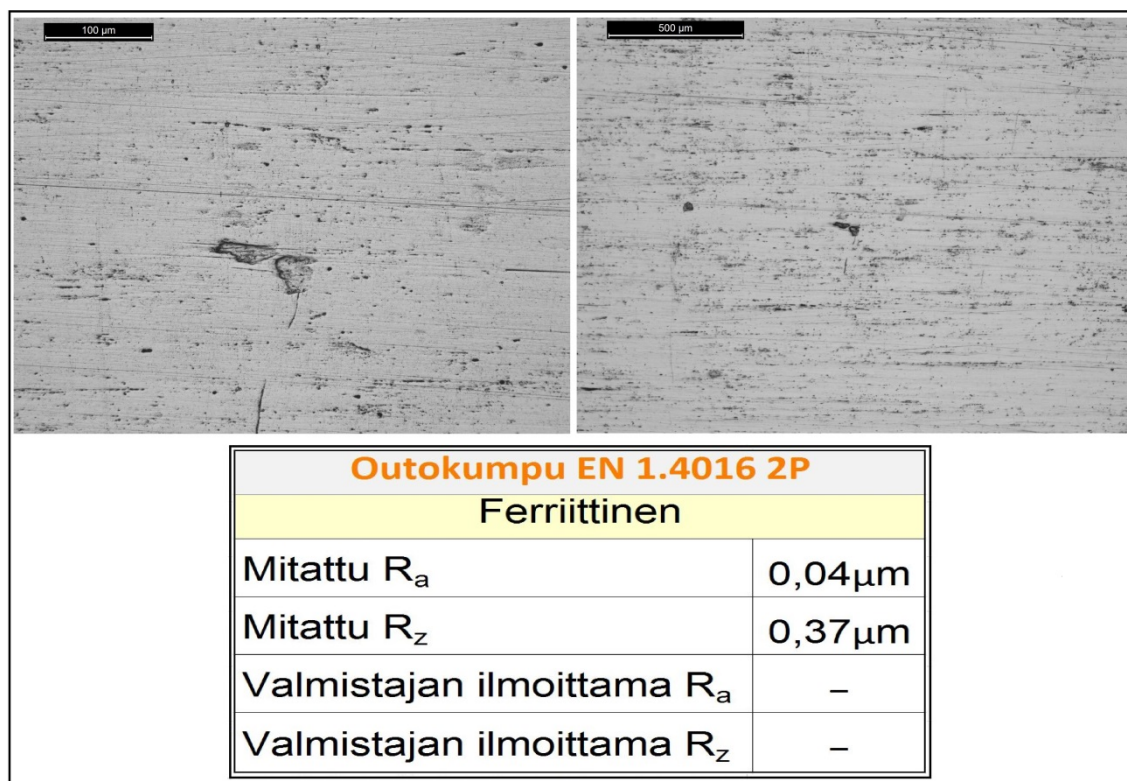


Kuva 13. Suutinnokan pinnankarheusmittauksen profiileja.

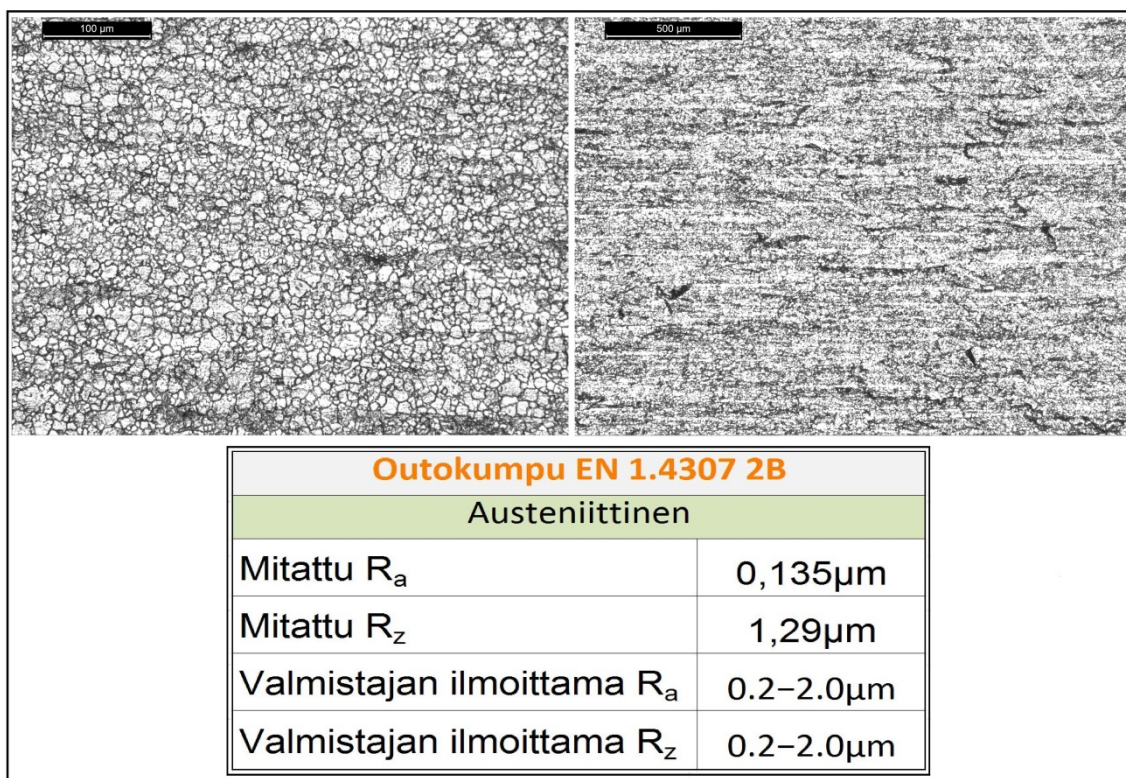


#### 4.5 Valomikroskopia

Kuvassa 14 on esitetty esimerkkinä mekaanisesti kiillotetun (2P) ferriittisen ruostumattoman EN 1.4016 teräksen sekä hehkutetun, peitatus ja viimeistelyvalssatun (2B) austeniittisen ruostumattoman EN 1.4307 teräksen pintarakenteesta. Kuvista nähdään selvästi, kuinka 2P-pinta näyttää selvästi yhtenäisemmältä ja mahdollisesti sileämmältä kuin 2B-pinta. Kuvissa olevista  $R_a$ -arvoista nähdään, että 2P-pinta on sileämpi. Hehkutetun ja peitatus pinnan ominaispiirre eli syöpyneet raerajat on selvästi nähtävissä kuvassa 15. Täydelliset valomikroskooppikuvat on esitetty liitteessä 2.



Kuva 14. Mekaanisesti kiillotetun (2P) ferriittisen ruostumattoman EN 1.4016 teräksen pinnan rakennetta.



Kuva 15. Hehkutetun, peitatus ja viimeistelyvalssatun (2B) austeniittisen ruostumattoman EN 1.4307 teräksen pinnan rakennetta.

#### 4.6 Suutinnokan puhdistus katkossa

Teemahaastattelujen perusteella suutinnokan puhdistus on työläin ja aikavievin työvaihe. Sen vuoksi päätettiin selvittää sitä tarkemmin. Luvussa 2.1.6 esiteltiin suutinapplikointia ja suutinjärjestelmän periaatekuva esitettiin kuvassa 4. Kuvassa 16 punaisella merkitty alue puhdistetaan katkossa paloletkulla ja painepesurilla. Yleensä katkon sattuessa käydään aluksi esihuuhtelemassa 1- ja 2-päällystysasemia. Varsinkin suutinnokkaa täytyy liottaa, jotta sen saisi kohtuullisessa ajassa puhtaaksi. Huuhtelun jälkeen 1 tai 2 konemies kytkee PPK5:n ryömintäajolle 40 m/s riippuen siitä, kumpi on aikaisemmin saanut suutinnokan alueen huuhdeltua. Vastatelan pyöriessä kytketään vastatelan pesusuihkut päälle. Vastatelan pesusuihkuista tulee vesisumua myös suutinnokan alueelle. Tämä helpottaa jatkossa puhdistustyötä.





Kuva 16. PPK5 1-aseman suutinnokka

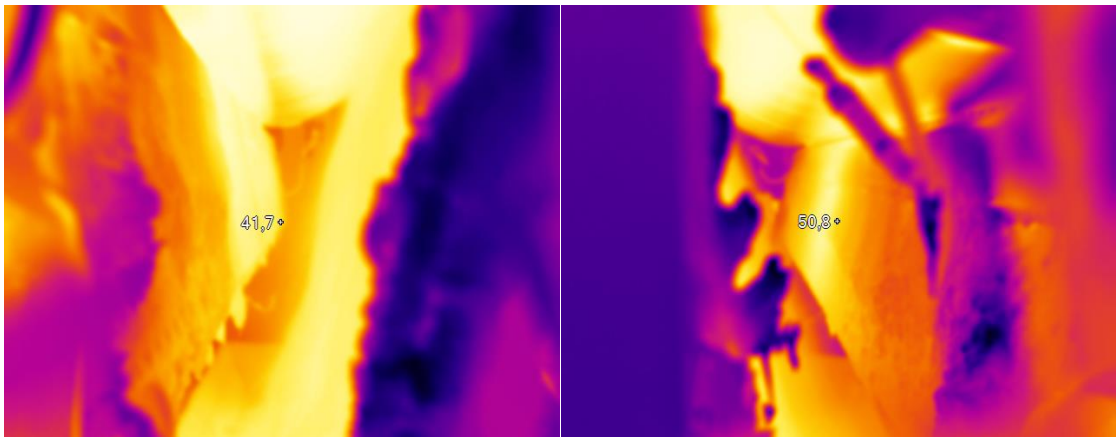
Yleensä esihuuhtelun jälkeen kytketään yläkierron pesu päälle. Yläkierron pesun tarkoituksena on puhdistaa pastan tuloputkisto vedellä. Vesi tulee suutinnokasta ulos. Yläkierronpesu kestää neljä minuuttia. Yläkierronpesun aikana mennään puhdistamaan leijukuivaimia paperisilpusta ilmaletkulla.

Samalla myös tarkistetaan telat, ettei niissä ole pastanokareita, jotka saattaisivat tehdä ajon aikana paperiin reikiä. 1 & 2 konemiehet palaavat leijukuivaimien puhdistuksen jälkeen puhdistamaan kuvassa 17 esitetyn suutinnokan. Pelkästään suutinnokan puhdistukseen kuluu aikaa keskimäärin noin 15–30 minuuttia, riippuen siitä, kauanko paperi on ollut tuotannolla. Kuvassa 17 näkyy puhdistettu suutinnokan alue punaisella.



Kuva 17. PPK5 1-aseman suutinnokka puhdistuksen jälkeen.

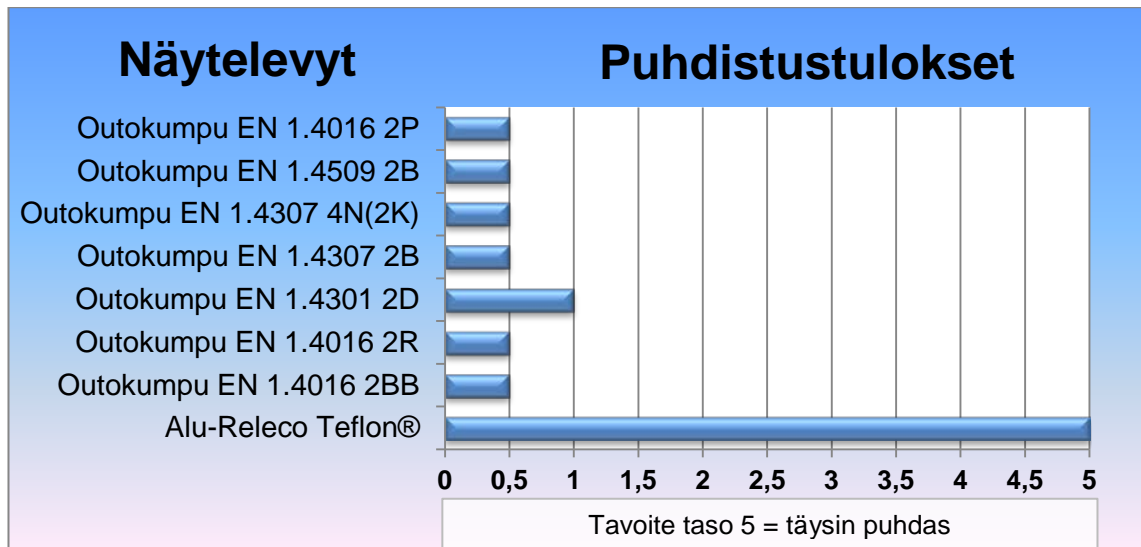
Kuvassa 18 on esitetty lämpökameralla otetut kuvat 1 & 2 päälystysasemista. Vasemmalla olevassa kuvassa on 1-päälystysaseman lämpökameralla otettu kuva ja oikeanpuoleisessa on 2-päälystysasema. Molemmat kuvat on otettu Fluke:n Ti27 lämpökameralla. Lämpökameramittauksen perusteella suutinnokan lämpötila on 41,7°C 1-päälystysasemalla ja 2-päälystysasemalla lämpötila on 50,8°C, eli 2-päälystysaseman suutinnokka on noin 9°C astetta lämpimämpi.



Kuva 18. PPK5 1-asema vasemmalla ja 2-asema oikealla.

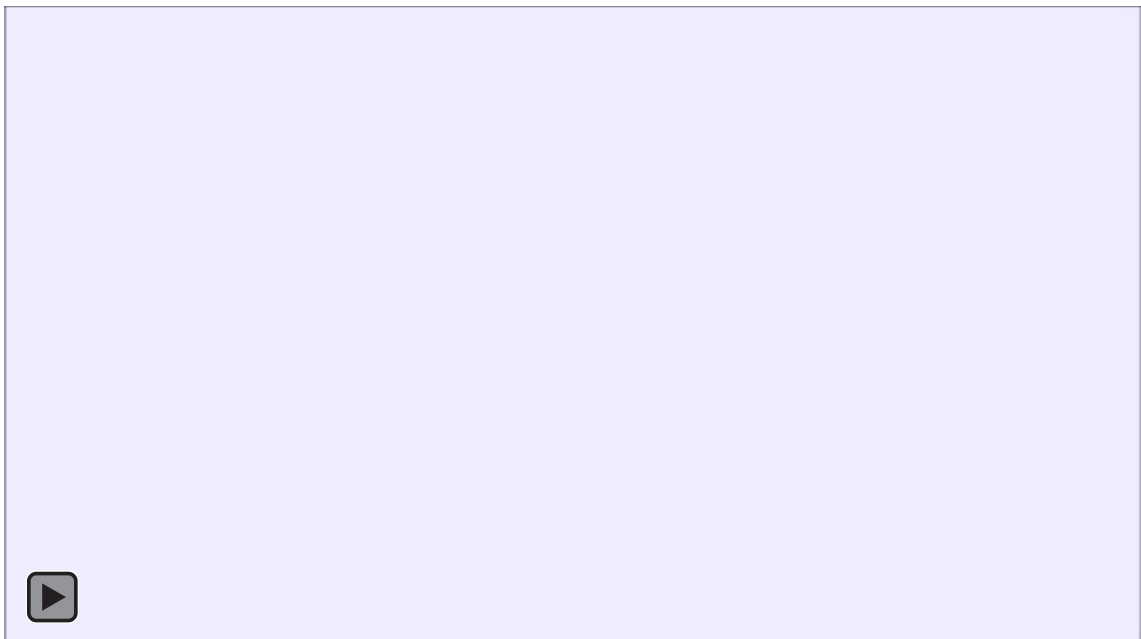
#### 4.7 Ensimmäisen painepesuritestin tulokset

Ensimmäisen painepesuritestin tulokset on esitetty kuvassa 19. Sen mukaan ruostumattomat näytelevyt saivat 0,5–1 pistettä, kun taas Alu-Relecon Teflon® sai täydet 5 pistettä.

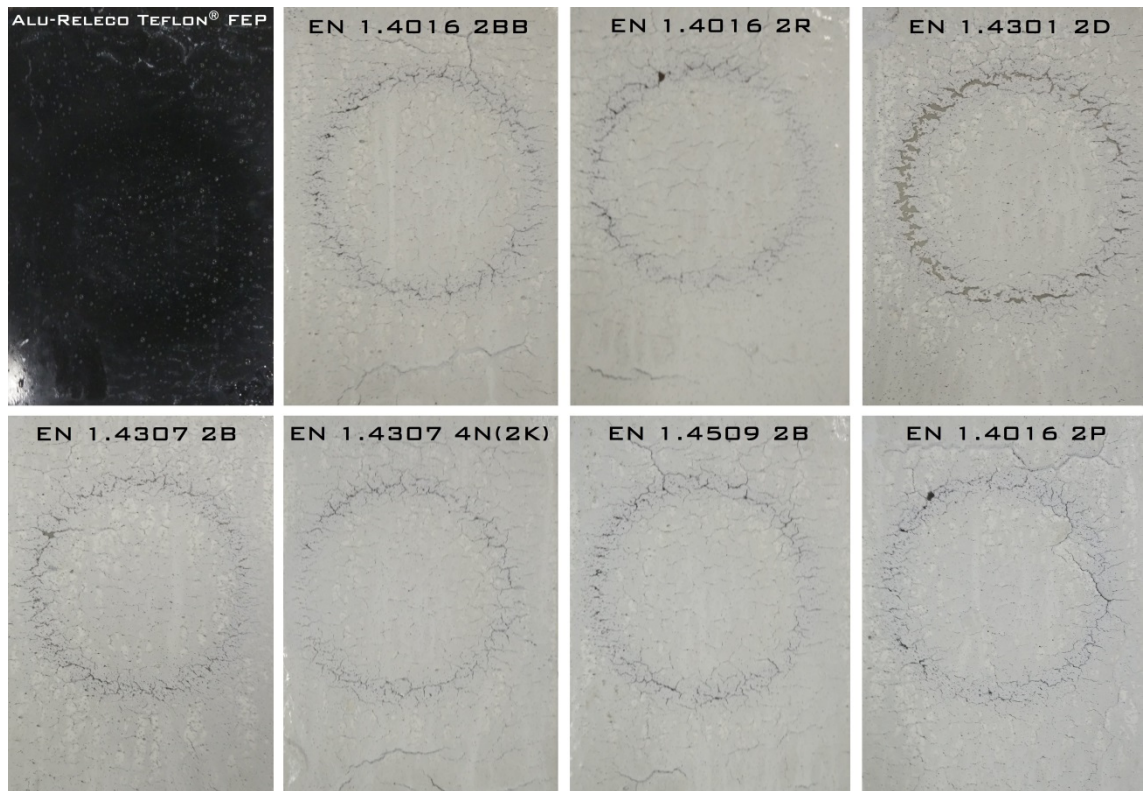


Kuva 19. Ensimmäisen painepesuritestin puhdistustulokset.

Kuvassa 20 on ensimmäisen painepesuritestin videokuvaus ja kuvassa 21 on esitetty näytteistä ensimmäisen testin jälkeen otetut valokuvat. Teflonilla pinnoitettu näytelevy on täysin puhdas ja kaikki muut pinnoittamattomat näytelevyt olivat painepesuritestin jälkeen saman näköisiä puhdistustulokseltaan.



Kuva 20. Ensimmäisen painepesuritestin videokuvaus

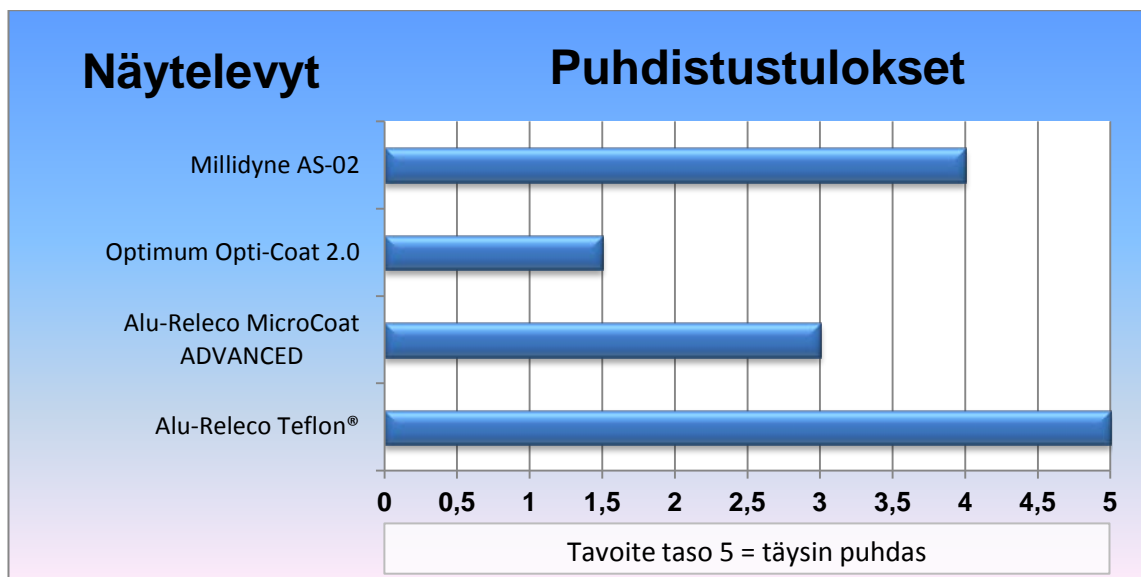


Kuva 21. Näytelevyt ensimmäisen painepesuritestin jälkeen.

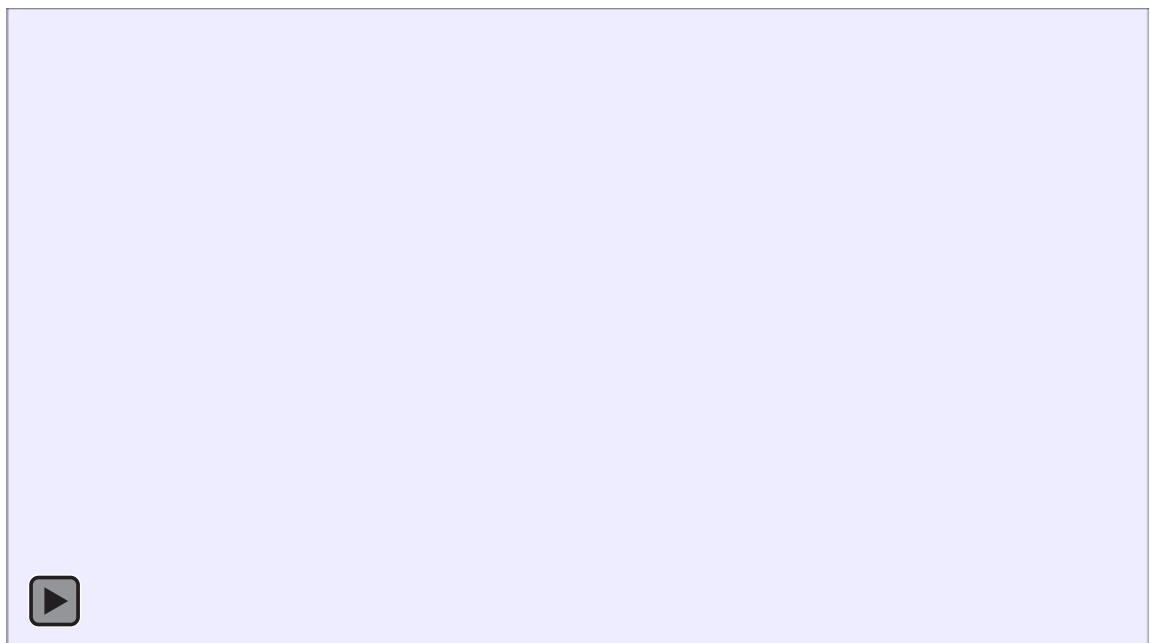
Testin perusteella teräslevyn pinnankarheudella ei ole vaikutusta puhdistuvuuteen. Sen sijaan pinnoituksella näyttäisi olevan erittäin suuri vaikutus.

#### 4.8 Toisen painepesuritestin tulokset

Toisessa testissä olivat mukana pinnoitetut levyt. Alu-Releco pinnoitti omat näytelevynsä. Millidynen ja Optimum pinnoitteet tarvitsivat näytelevyt, jotka saatiin Outokummun Tornion terästehtaalta. Pinnoitettujen näytelevyjen materiaalina käytettiin EN 1.4016 2BB ruostumattomia levyjä, joiden pinnankarheus on erittäin pieni. Millidynen ja Optimumin pinnoitteet levitettiin valmistajan ohjeiden mukaan (ohjeet Liitteessä 3). Kuvasta 22 nähdään, että pinnoitetut näytteet puhdistuivat paremmin kuin ei-pinnoitetut. Alu-Relecon Teflon® pinnoite sai täydet 5 pistettä puhdistustulokseltaan molemmissa testeissä. Millidynen AS-02 sai 4 pistettä ja Alu-Relecon MicroCoat® ADVANCED sai 3 pistettä, viimeiseksi jäänyt Optimum Opti-Coat 2.0 sai 1,5 pistettä, joka on kuitenkin parempi kuin parhaimman ruostumattoman näytelevyn puhdistustulos.



Kuva 22. Toisen painepesuritestin puhdistustulokset.



Kuva 23. Toisen painepesuritestin videokuvaus.

Kun kuvaa 21 vertaa kuvaan 25, niin näkee, että pinnoitetut näytelevyt puhdistuivat pääsääntöisesti paremmin testissä. Poikkeuksena on Optimumin pinnoite, jonka puhdistustulos ei juuri eroa ruostumattomista näytelevyistä.





Kuva 25. Näytelevyt toisen painepesuritestin jälkeen.

#### 4.9 Aukirullauksen puhdistus katkossa

PPK5:n katkot tulevat monesti täydelle konerullalle, jonka massa on noin 20 tonnia. Täyden konerullan nopeus on noin 1200–1400 metriä minuutissa, riippuen siitä, mitä lajia päällystetään ja kuinka monta konerullaa on odottamassa VR51:n puolipukeilla. Suuri nopeus ja massan hitaus aiheuttavat sen, että konerulla ei pysähdy tarpeeksi nopeasti ja aiheuttaa suuren kasan paperia aukirullaukseen (Kuva 26). Lattialle kertynyt paperi eli nk. kottikasa joudutaan poistamaan lattiasa olevan kottiluukun kautta.



Kuva 26. PPK5:n aukirullauksen alue katkon jälkeen.

Haastatteluissa kävi ilmi, että aukirullauksen kottiluukun aukeamaa on hiljattain pienennetty 125 mm (ks. Kuva 27). Kotin saaminen pienentyneestä raosta vie toiseksi eniten aikaa katkossa, jos verrataan sitä yksittäiseen puhdistustoimenpiteeseen PPK5:lla. Kottiluukun aukeamaa on pienennetty turvallisuussyistä.



Kuva 27. PPK5 aukirullauksen kottiluukku

## 5 TULOKSIEN TARKASTELU

### 5.1 PPK5:n katkoajan kehityksen analysointi

Vuosituhanen alussa oli katkoja PPK5:lla huomattavasti enemmän kuin nykyisin. Pohjapaperinlaadun parantuminen on osaltaan vaikuttanut siihen, että katkomäärät on saatu pienenemään jopa puoleen esimerkiksi vuoden 2007 tasoisista. Kun katkoja on vähemmän, se tarkoittaa, että PPK5 on tuotannolla pidempiä ajanjaksoja.

Tämä aiheuttaa sen, että molemmat päällystysasemat likaantuvat päällystyspastasta pidemmän aikaa ja tämä on yksi syy siihen, miksi katkoajat ovat pidentyneet. Jos katkoja tulee useita lyhyessä ajassa, niin päällystysasemat eivät vielä ole niin likaisia päällystyspastasta, eikä se ole kuivunut kovinkaan tiukasti kiinni paikkoihin, jotka täytyy puhdistaa katkon aikana.

Toinen syy katko aikojen pidentymiselle löytyy PPK5:n miehistövähennyksistä. Vuosien 2009–2013 välisenä aikana on vuoroissa vielä ollut ylimääräisiä prosessinhoitajia katkon aikaisia puhdistustöitä tekemässä. 2014 on ensimmäinen vuosi, jolloin ylimääräisiä prosessinhoitajia ei enää ole mukana puhdistustöissä.

Kolmantena katkoaikoihin vaikuttavat myös paperipulat. Kun PPK5 ajaa katkotomasti, niin jossain vaiheessa päällystettävä paperi loppuu. Silloin tulee ns. paperipula. Paperipulakatkossa PPK5 puhdistetaan normaalia paremmin, kun puhdistamiseen on käytössä enemmän aikaa. Puhdistuksen jälkeen jäädään odottamaan, että on päällystettäviä konerullia 2-3 kappaletta. Tämä odotusaika kirjautuu usein myös katkoajaksi. Näitä paperipulia ei juuri tullut silloin, kun PPK5:n ajettavuus oli heikompi. Päinvastoin, konetta oli ajettava täydellä nopeudella, kun pohjapaperia oli VR51:n puolipukeilla odottamassa.

Neljänneksi miehistövähennyksistä johtuen 1-konemiehellä on katkonaikaisia tehtäviä huomattavasti enemmän, kuin muilla PPK5:n prosessinhoitajilla. Näiden lisätehtävien lisäksi 2-aseman puhdistus on työläämpää, koska sen ympär-



ristö on ahtaampi työskennellä kuin 1-aseman alue. Monesti paperi katkeaa 2-asemalle, jolloin syntyy suurempi määrä puhdistettavaa paperia ja päällystyspastaa kuin 1-asemalle. Kuivatusleijujen puhdistuksessakin menee 1-konemiehellä kauemman aikaa, kuin 2-konemiehellä.

Kuivatusleijujen alue 5-7, jota 1-konemies puhdistaa on kahdessa tasossa. Ensimmäisessä tasossa puhdistetaan niiden sisällä olevat paperisilput pois ilmaletkulla. Sen jälkeen mennään ylemmälle tasolle, jossa on kuivatusleijujen katot ja telaryhmä 28–33, jotka puhdistetaan. Tämä alue puhdistetaan myös ilmaletkulla, ja usein joudutaan kiertämään koneen käyttöpuolen kautta katolle puhdistamaan teloille jääneet paperisilput.

Leijukuivaimien ja 2-aseman puhdistustöiden jälkeen, 1-konemies jatkaa lisätehtävien tekemistä. Seuraavaksi hän puhdistaa 2-kuivatusryhmän ja popen & leikkuuterien alueet ilmaletkulla. Näiden puhdistustehtävien jälkeen hän siirtyy kiinnirullainalueen lisätehtäviin. Alueella oleva konerulla pyörii ryömintänopeutta kiinnirullaimessa. Kun konerulla luovutetaan kiinnirullaimelta, menee se luovutuksen jälkeen jarruille. Jarrutuksen jälkeen konerulla vierii kiinnirullaimen loppupäähän automaattisesti. Tämä jarrutusaika on sama, oli konerulla sitten ryöminällä tai ajonopeudella pyörimässä.

Tämän jälkeen konerullasta leikataan muutama arkki pois ja se teipataan, ettei siinä roiku ylimääräisiä paperisilppuja. Konerullan mukaan täytetään saattolomake. Saattolomakkeessa on tiedot konerullasta. Tämän jälkeen konerullan voi nostaa siirtovaunuun, jos se on tyhjä. Useasti vaunussa on rauta, joka nostetaan nosturilla puhdistuspaikalle. Puhdistuspaikalle nostettu rauta laitetaan pyörimään pulpperiin. Raudassa on superkalanterin kiillottamaa päällystettyä paperia ja raudan pohjalla on päällystettyä paperia. Pulpperoitavaa paperia on raudalla noin 50–100 mm. Tämän lisäksi 1-konemies nostaa puhtaan raudan kiinnirullaimen. Nämä ylimääräiset työvaiheet, jotka kuuluivat ennen VR52:n prosessinhoitajalle tuovat katkoaikaan lisää yli kymmenen minuuttia.

## 5.2 Suutinnokan pinnanlaadun vaikutus puhdistettavuuteen

Painepesuritesteillä tutkittiin sitä, miten suutinnokan pinnanlaatu vaikuttaa puhdistettavuuteen. Suutinnokan pinnankarheusmittaukset osoittivat, että siinä käytetyn ruostumattoman teräksen pinnankarheus oli  $R_a$  -arvolla mitattuna n.  $0.7\mu\text{m}$ . Asiantuntijoiden mukaan pinnankarheutta on mahdollista pienentää mm. käyttämällä 2B, 2R tai 2P toimitustilaisia teräksiä. (Kauppi & Kannisto 2015.) Toinen vaihtoehto on pinnoittaa suutinnokka sopivalla pinnoitteella, joita markkinoilla on tarjolla lukuisia vaihtoehtoja.

Testit osoittivat selkeästi sen, että ruostumattoman teräksen pinnanlaadulla ei ollut juurikaan vaikutusta pinnan puhdistuvuuteen. Teflonpinnoitus osoittautui selvästi parhaimmaksi vaihtoehdoksi. Alu-Relecon Teflon® pinnoitteella pinnoitettu koelevy puhdistui testeissä toistuvasti täysin puhtaaksi. Päälystyspasta ei tarttunut edes kunnolla kiinni teflonilla pinnoitettuun näytelevyyn. Levy olisi voitu puhdistaa päälystyspastasta todennäköisesti vain ravistamalla. Kiinni tarttuneesta pastasta lohkeili jo puolet pois, ennen kuin koelevy kiinnitettiin telineeseen painepesuritestia varten. Kun painesuihku osui koelevyyn, se puhdistui noin yhdessä sekunnissa täysin puhtaaksi.

Testin lopuksi näytelevyt puhdistettiin täysin/ sataprosenttisen puhtaaksi päälystyspastasta. Teflonnäytelevy oli jo puhdas, joten vain ruostumattomat testilevyt täytyi puhdistaa. Aluksi näytelevyt kiinnitettiin telineeseen kiinni. Sen jälkeen painepesurilla puhdistettiin näytelevyä, kunnes painesuihkon vaikutusalue oli puhdas. Sen jälkeen puhdistusta jatkettiin paloletkua käyttäen, kunnes näytelevy oli täysin puhdas. Aikaa meni noin 15 minuuttia yhden pinnoittamattoman ruostumattoman näytelevyn puhdistamiseen.

Toisessa testissä oli mukana neljä pinnoitetta. Millidyneltä AS-02 alkoholipohjaiseen sooli-geeli-kemiaan perustuva pinnoite, joka painepesuritestissä osoittautui varsin hyväksi pinnoitteeksi. Näytelevy puhdistui päälystyspastasta suurimmaksi osaksi, vain kolmeen reunaan jäi kiinni päälystyspastaa. Toisena ollut Alu-Relecon MicroCoat® ADVANCED pinnoite puhdistui hyvin, mutta ei niin

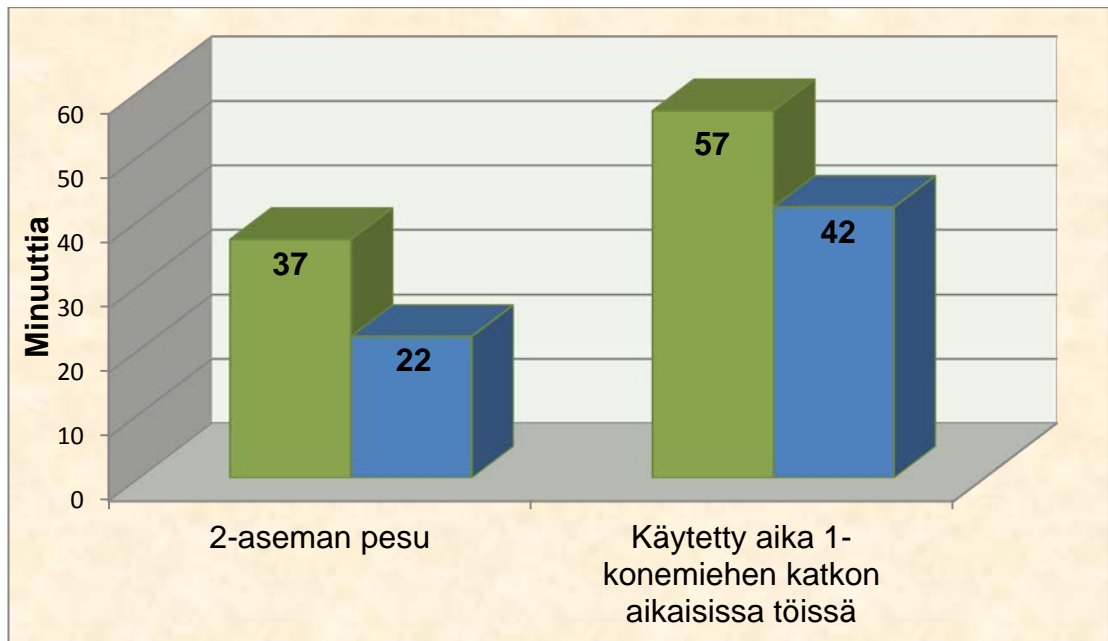
puhtaaksi, kuin Millidynen AS-02 näytelevy. Optimum Opti-Coat 2.0 näytelevy puhdistui vain vähän verrattuna muihin näytelevyihin. Alu-Relecon Teflon® pinnoite oli jälleen kerran omaa luokkaansa puhdistustulokseltaan. Näytelevy oli täysin puhdas painepesuritestin jälkeen.

### 5.3 Suutinnokan pinnoituksen vaikutus katkoaikoihin

Kun uudet Jet Flow F päällystysasemat tulivat käyttöön vuonna 1996, ei päällystysasemien valmistaja Voith Sulzer ollut huomionnut suutinnokan puhdistamista katkossa. Suutinnokan puhdistettavuuteen on tosin aikaisemmin kiinnitetty huomiota prosessinhoitajien toimesta. PPK5:n prosessihenkilöstö on tehnyt aloitteita esimerkiksi suutinnokan jäähdytysjärjestelmän rakentamisesta tai tehokkaammista painepesureista. Ongelma on tunnistettu PPK5:lla jo aiemmin, mutta siihen ei ole löytynyt sopivaa ratkaisua.

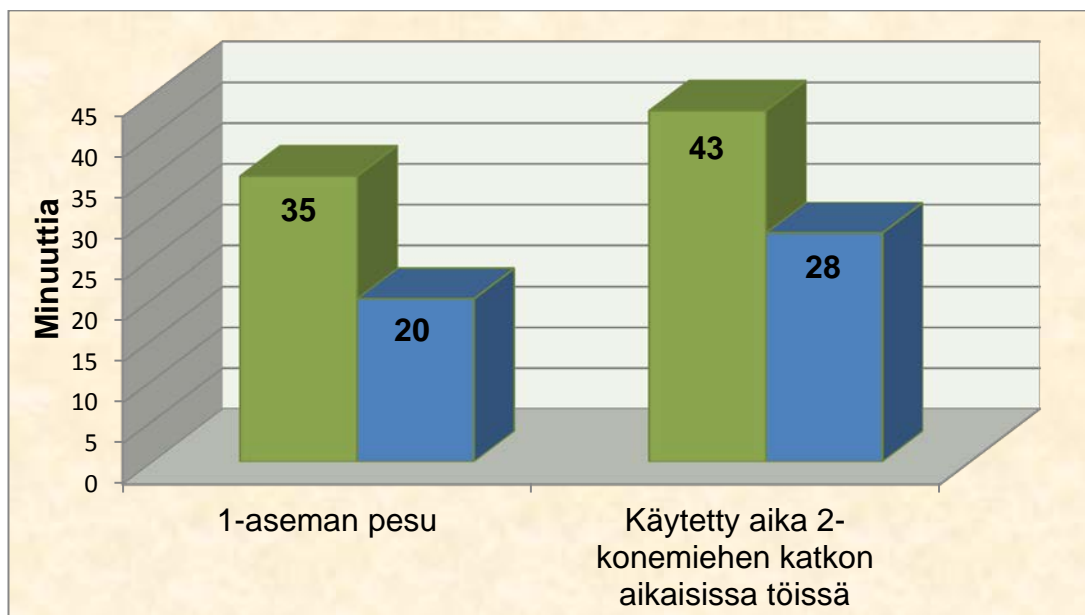
Palkin lämpöjännityksestä johtuen jäähdytysjärjestelmän rakentaminen PPK5:n suutinnokalle ei ole mahdollista. Luvussa 2.1.8 esiteltiin, mitä lämpöjännitykset aiheuttavat. Tämän vuoksi asiaa täytyi miettiä toisesta näkökulmasta ja etsimään ratkaisuja erilaisista pinnoitteista.

Painepesuritestien perusteella voidaan todeta, että suutinnokan pinnoitus sopivalla pinnoitteella voisi lyhentää suutinnokan pesuun kuluvaan aikaa. Puhdistus helpottuisi myös huomattavasti, ja olisi ehkä mahdollista, että painepesureita ei enää tarvitsisi käyttää suutinnokan pesussa kummallakaan päällystysasemalla. Kevyt huuhtelu paloletkulla riittäisi. Tämä on käytäntönä esimerkiksi kovametalipinnoitettujen kaavainterien puhdistuksessa päällystysasemilla. Uuden pinnoitteen ansiosta katko aika vähenisi arviolta noin 15–20 minuuttia molempien konemiesten osalta. Tämä nähdään kuvasta 28, jossa vihreä väri tarkoittaa - aseman pesuun nykyisin menevää aikaa ja kokonaiskatko aikaa. Siniset pylväät ovat arvio siitä, kuinka paljon suutinnokan pinnoitus lyhentäisi 2-aseman pesu-aikaa ja sen ansiosta 1-konemiehen katkon aikaisiin tehtäviin kuluvaan kokonaisaikaan.



Kuva 28. Suutinnokan pinnoituksen vaikutus 1-konemiehen katkon aikaisissa töissä käytettyyn aikaan.

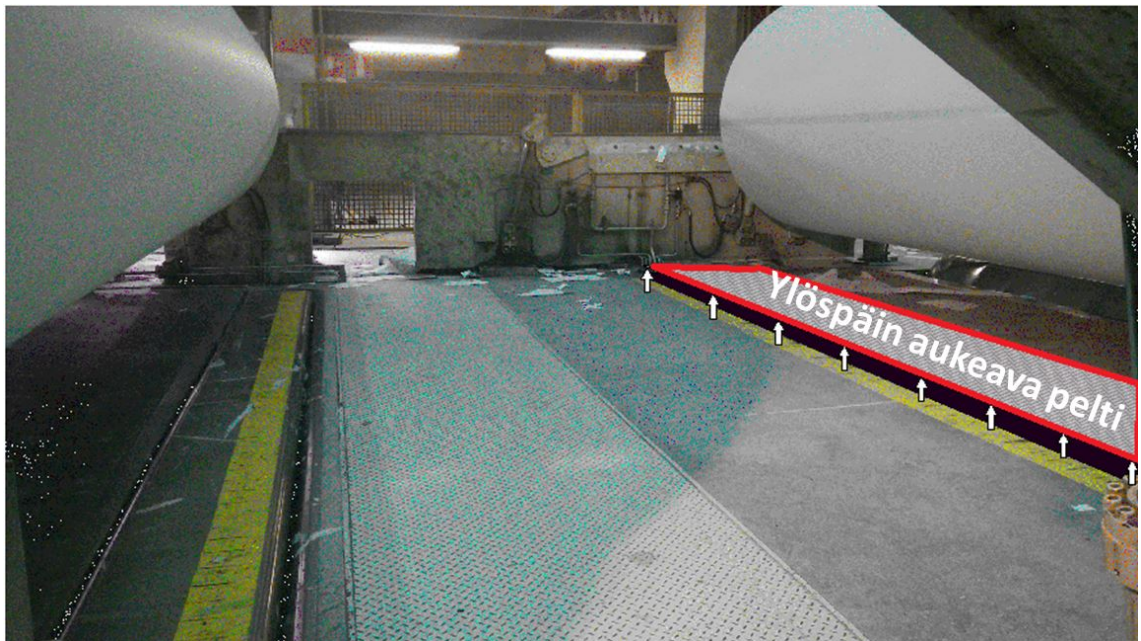
Kuvassa 29 on esitetty sama tarkastelu 2-konemiehen osalta. Kuvan mukaan suutinnokan pinnoituksella olisi saavutettavissa todennäköisesti 15 minuuttia lyhyempi katkoaika.



Kuva 29. Suutinnokan pinnoituksen vaikutus 2-konemiehen katkon aikaisissa töissä käytettyyn aikaan.

#### 5.4 Aukirullauksen puhdistuksen kehittäminen

Aukirullausalueen puhdistusta helpottamaan löytyi muutama vaihtoehto. Aukirullauksen alueella on koko konerullan levyinen pelti, jota voitaisiin nostaa ylös esimerkiksi 150 mm. Pellin alapuolella on kuljetin, joka kuljettaa sinne tulleet paperit alakerran viiran päälle. Paperikasa voitaisiin ilmaletkulla puhaltaa aukosta sisään, mutta tässä vaihtoehdossa suurimmat paperit eivät mene kovin helposti sisälle johtuen pienestä aukeamasta. Aukeava peltikään ei voi aueta esimerkiksi 500 mm, koska työturvallisuusasetukset eivät täyty (Kuva 30).

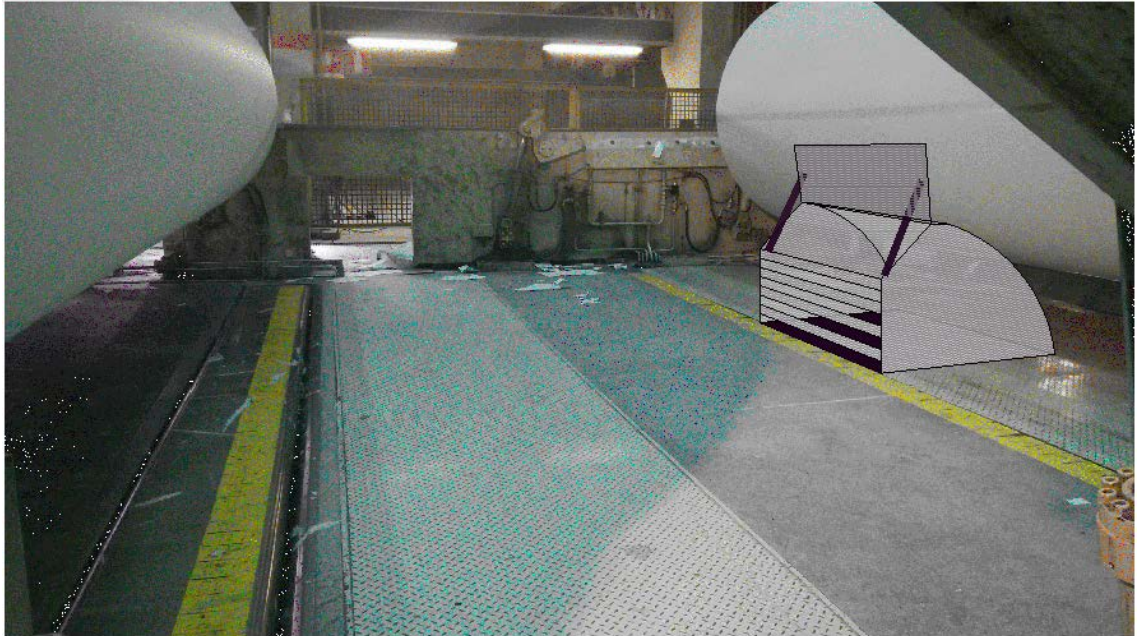


Kuva 30. PPK5 aukirullauksen aukeava pelti.

Toinen vaihtoehto olisi, että aukirullauksen alueelle tehtäisiin hydraulisesti aukeava suurikokoinen luukku, johon voisi nostella myös isommat kotit. Pienemmät paperisilput voisi ilmaletkulla puhaltaa luukun alareunasta sisälle. Paperit tipahtavat alakerran kuljettimelle, josta ne edelleen menevät alakerran viiran päälle. Alakerran viirakuljetin tyhjennetään pulpperiin, joka vuoron lopuksi 2-konemiehen toimesta.

Luukku tarvitsisi myös ilmapuhalluksen avuksi. Ilmapuhalluksen avulla pitemmät paperit menisivät eteenpäin kuljettimelle helpommin. Kustannuslaskelmat täy-

tyisi tästä vaihtoehdosta ensin tehdä kunnossapito Efora Oy:n toimesta. Tämä vaihtoehto vähentäisi arviolta noin 10–15 minuuttia koneenhoitajan katkoaikaa, kun ei tarvitsisi hangota kotteja pienestä kottiluukusta sisään (Kuva 31).



Kuva 31. PPK5 aukirullauksen aukeava luukku.

Yhtenä vaihtoehtona olisi tietysti se, että paperikasaa ei lähdettäisi hankomaan kottiluukusta sisään nykymallin mukaan, vaan katkossa aukirullauksen alueelle tulleet paperit kannettaisiin sivummalle pois tieltä. (Siimes 2015.)

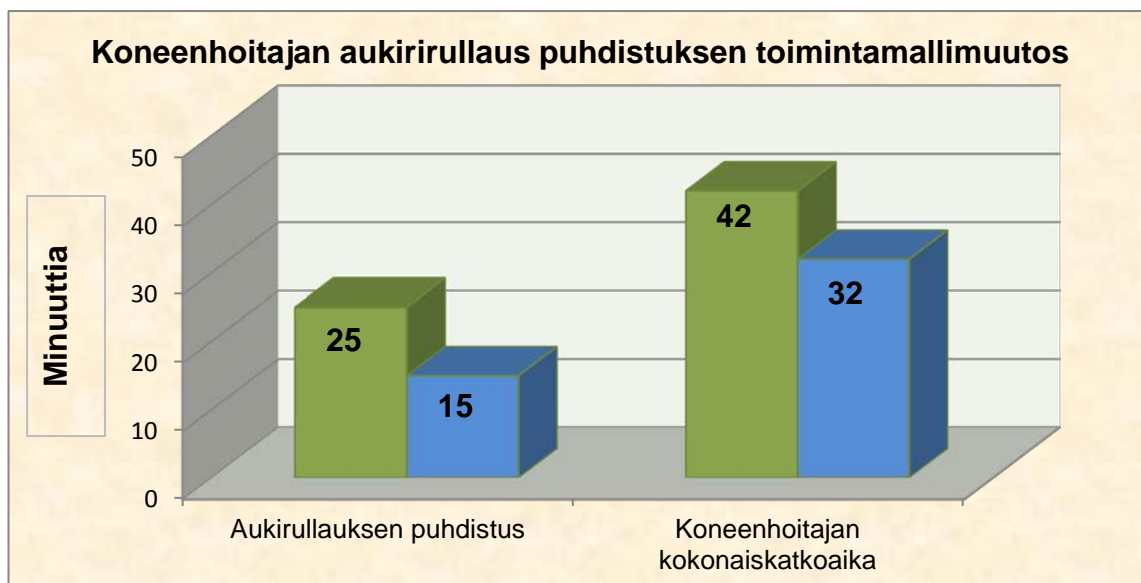
Tämä vaihtoehto on hyvä, koska sen käyttöönotto ei vaadi muuta kuin toimintatapamuutoksen, ja sitä voitaisiin kokeilla helposti. Uusi toimintatapa olisi seuraava: Aukirullauksessa katkon aikana syntynyt paperikasa piilottaa kottiluukun. Kantamalla suurempikokoiset kotit aukirullauksen alueelta pois, kottiluukun saisi näkyville. Pienemmät paperisilput olisi sitten helppo hangota pienestä kottiluukusta sisään. Paperin kantamista kuitenkin hankaloittaa kulkuväylän kapeus ja esteenä on monta kulmaa, joihin paperi voi tarttua kiinni, kun sitä kannetaan sieltä pois.

Tätä muutosta toimintamalliin kokeiltiin kevään 2015 aikana. Osa PPK5:n prosessihenkilöstöstä ei pitänyt sitä helpottavana vaihtoehtoja, koska paperisilppua



kantautui pitkin PPK5:n käytäviä. Toisaalta osa taas piti uutta toimintatapaa helpottavana vaihtoehtona varsinkin, kun paperia olisi kantamassa kaksi prosessinhoitajaa.

Kantamalla suuremmat kotit aukirullauksesta käsin pois lyhenisi katkoaika koneenhoitajalla arviolta noin 10 minuuttia, mutta mikäli aukirullauksen alueelle rakennetaan uusi luukku, vähentää se puolestaan katkoaikaa koneenhoitajalta noin 10–15 minuuttia. Kuvassa 32 on käytetty 10 minuutin arvioitua aikaa. Kuvan 32 vihreä väri kuvastaa nykyistä aikaa, joka menee koneenhoitajalla aukirullauksen puhdistamisessa ja joka on kokonaiskatkoaika. Sininen väri kuvastaa sitä, kuinka paljon koneenhoitajan aukirullauksen puhdistamiseen käytetty aika lyhenee, ja paljonko se vaikuttaa koneenhoitajan kokonaiskatkoaikaan

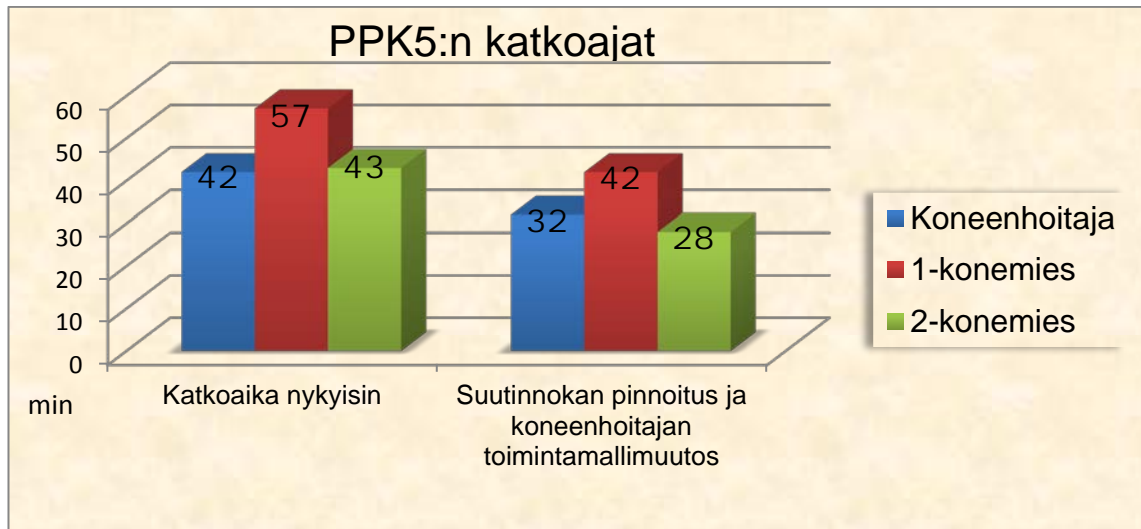


Kuva 32. Koneenhoitajan toimintamallimuutoksen vaikutus katkon aikaisissa töissä käytettyyn aikaan.

### 5.5 2-konemiehen toimintamalli muutosehdotus

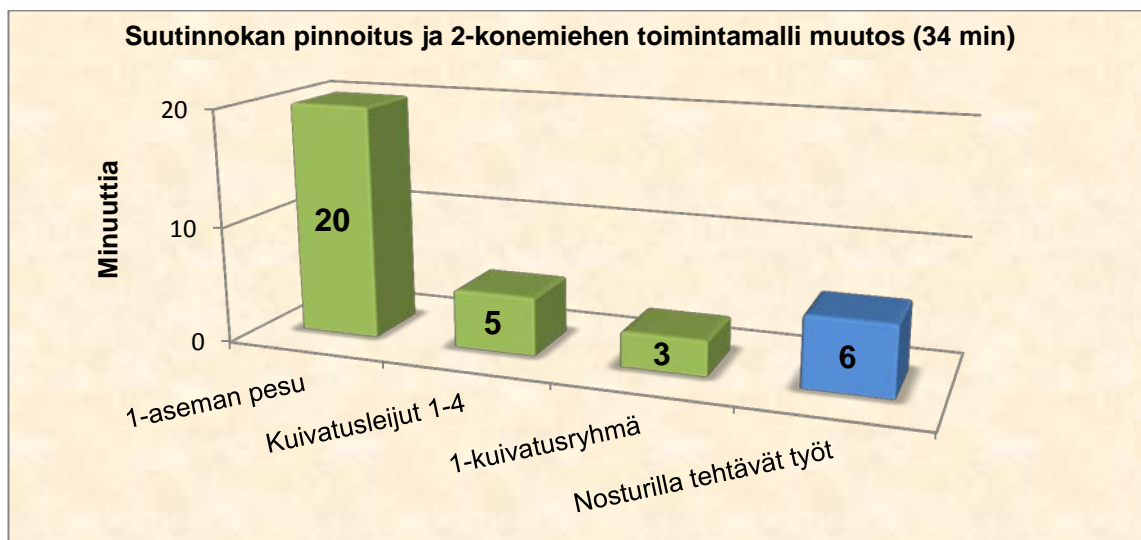
Suutinnokan pinnoitus molemmille päällystysasemille ja koneenhoitajan toimintamallimuutos tuo koko katkoaikaan pysyvän muutoksen, mutta edelleen 2-konemies suoriutuu omista tehtävistään muita nopeammin ja 1-konemiehen katkossa käytetty aika on edelleen suurin. Pylväiden värien merkitys on seuraava-

va: vihreä = 2-konemies, sininen = koneenhoitaja ja punainen = 1-konemies (Kuva 33).



Kuva 33. PPK5:n katkoajat.

1-konemiehelle on tullut aikaisempien miehistövähennyksien seurauksena kaikki jälkipään työt katkon aikana hoidettavaksi. Tätä epäkohtaa voitaisiin nyt uudella toimintamallimuutoksella muuttaa. 2-konemies hoitaisi kiinnirullaimen kaikki nosturilla tehtävät työt katkon aikana, jolloin kokonaiskatko aika lyhenisi 6 minuuttia lisää. Kuvan 34 vihreä väri kuvastaa nykyisiä 2-konemiehen katkossa tehtäviä töitä, sininen väri kuvastaa 2-konemiehen lisätöitä.

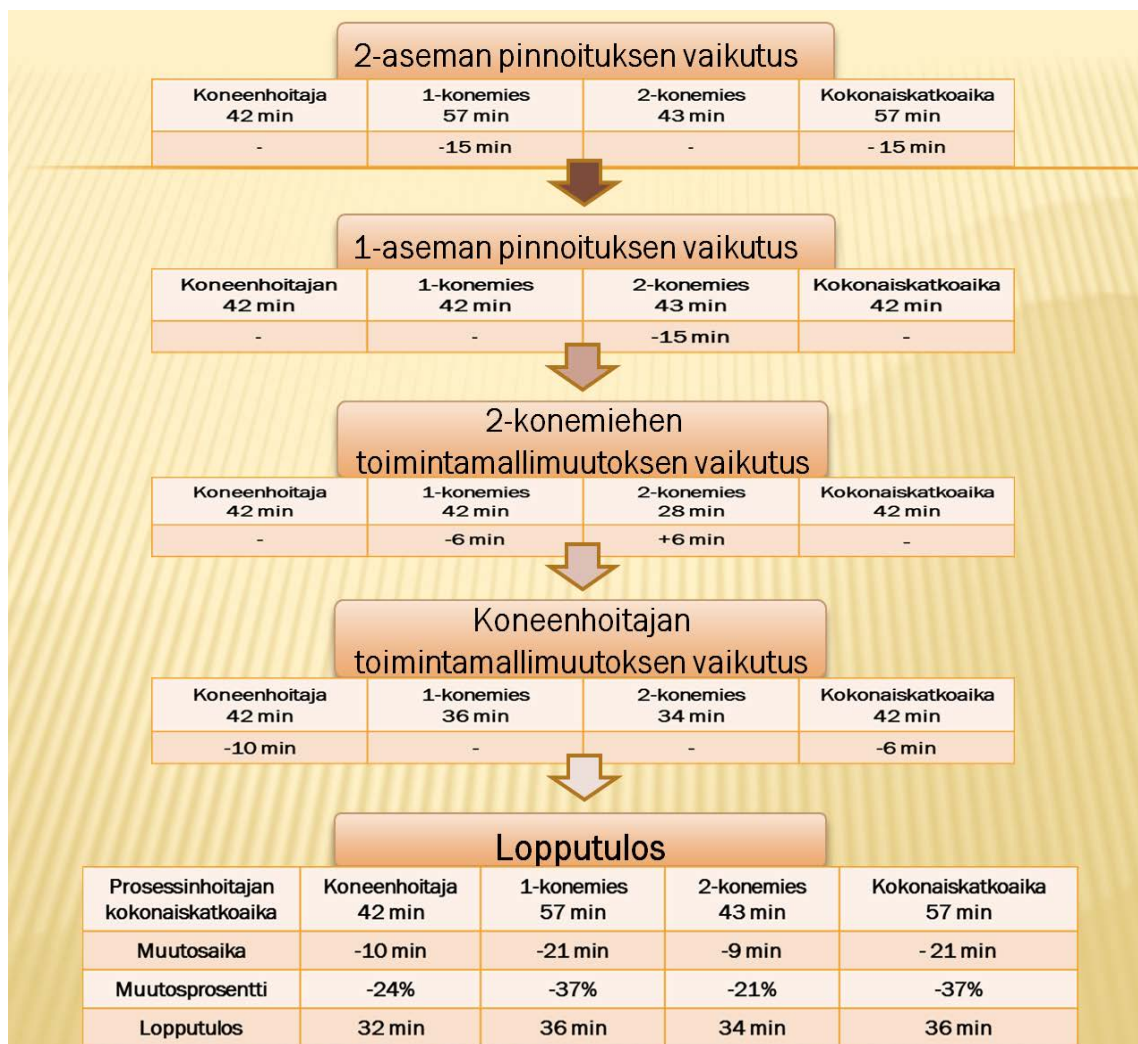


Kuva 34. 2-konemiehen toimintamallin muutosehdotus.



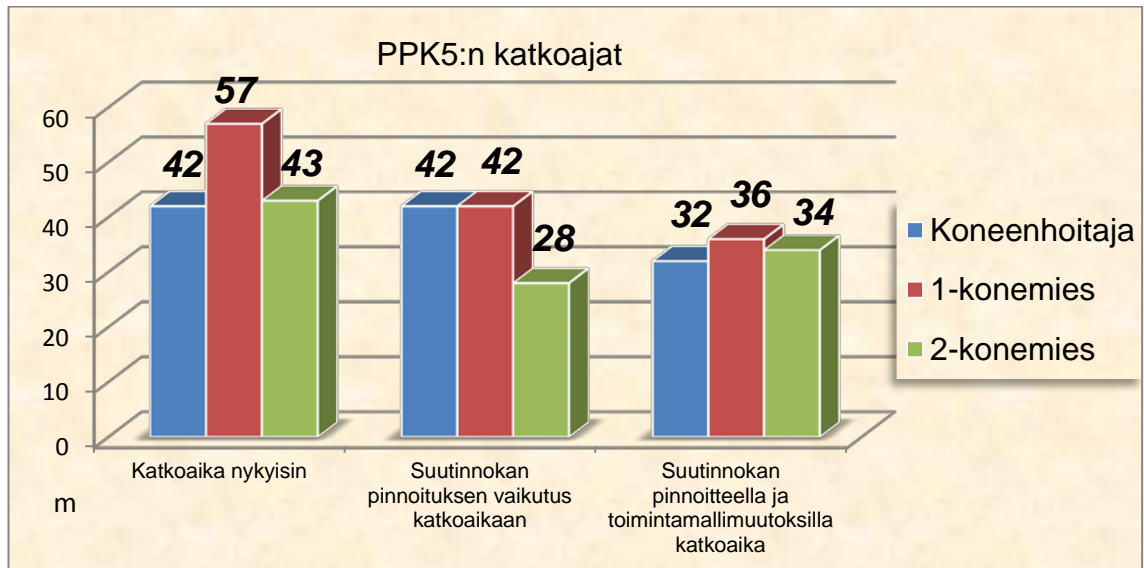
## 5.6 Päälystyskone 5 katkoajojen lyhentäminen

Opinnäytetyössä lähdettiin tutkimaan PPK5:n tuotannon katkoja, selvittämään niissä tehtävien töiden kestoajojen ja miettimään parannuksia, joilla katkoajaa saataisiin lyhennettyä (ks. Kuva 35). Tulosten perusteella suutinnokan pinnoitus lyhentäisi katkoajaa eniten. Tällöin 1- ja 2 -aseman pesuaika lyhenisi 15 minuuttia. Lisäksi katkon aikana tehtäviin toimenpiteisiin kohdistuvilla toimintamallimuutoksilla saataisiin kokonaiskatkoajaa lyhennettyä vielä noin kuusi minuuttia lisää. Yksittäinen katko lyhenisi noin 37 prosenttia, joka on merkittävä parannus nykytilanteeseen verrattuna. Kuvassa 35 on esitetty periaatekuva kehitystoimenpiteiden vaikutuksista.



Kuva 35. PPK5:n katkoajojen lyhentämiseen tähtäävät toimenpiteet ja niiden vaikutus yksittäisen katkon kestoajaan.

Kuvassa 36 olevasta pylväsdiagrammista nähdään hyvin se, kuinka suutinnokan pinnoitus nopeuttaa molempien konemiesten katkon aikaisten töiden tekemistä. Oikealla olevat pylväät havainnollistavat, kuinka toimintatapamuutoksilla työkuorma saadaan tasoitettua lähes samalle tasolle kaikkien prosessinhoitajien osalta.



Kuva 36. Kehitystoimenpiteiden vaikutus prosessinhoitajien katkon aikaisten töiden kesto aikaan.

## 5.7 Jatkotutkimukset

Kun ensimmäisessä testissä näytelevyjä sumutettiin painepesurilla viisi sekuntia, niin ruostumattomiin näytelevyihin tuli vain vähän eroa. Testausta voisi muuttaa niin, että painepesurilla sumuttaisi näytelevyjä niin kauan, että näytelevyt olisivat yhtä puhtaita, ja mitattaisiin käytettyä aikaa. Lisätestausta vaativat myös Alu-Relecon MicroCoat® ADVANCED ja Millidynen AS-02 -pinnoitteet.

## 6 POHDINTA

Paperikoneiden alasajo jatkuu Suomessa ja maailmalla. Kilpailun kiristytessä paperikoneiden tuotantotehokkuus on noussut arvoonsa. Ylimääräisiin tuotannonmenetyksiin ei ole varaa. Paperikoneiden tuotantotehokkuutta pyritään parantamaan jatkuvasti, mihin tämäkin opinnäytetyö perustuu.

Kun ajettavuusongelmat alkavat PPK5:lla, valmiita pohjakonerullia alkaa kerrääntymään VR51:n puolipukeille odottamaan päällystämistä. Ajettavuusongelmiin ja katkoihin on useita syitä, ja vääjäämättä kuukausittain tapahtuu se, että PK5 joudutaan pysäyttämään rautapulaan johtuen PPK5:n ajettavuusongelmista. Esimerkiksi vuonna 2014 PK5 on jouduttu pysäyttämään rautapulaan noin 100 tunniksi, johtuen PPK5:stä. Tämän opinnäytetyön johdosta PK5:n tuotantotehokkuus paranisi vuositasolla noin 37 tuntia ja yksittäisen PPK5:n katkon pituus lyhenee noin 37 prosenttia.

Tämä opinnäytetyö oli haastava, vaikka olin työskennellyt PPK5:lla pitkään ja tiesin, mihin asioihin kannattaisi kiinnittää huomiota. Suuri haaste oli löytää nopeampi tapa puhdistaa suutinnokan alue. Onneksi testeissä löytyi selvä parannusvaihtoehto nykytilanteeseen. Tehdyissä testeissä täytyy huomioida myös se, että päällystyspasta kuivui levyihin kiinni vaaka-asennossa, kun taas puhdistettava suutinnokka on pystysuorassa asennossa. Voi siis hyvinkin käydä niin, että päällystyspasta ei tartu Alu-Relecon Teflon<sup>®</sup> pinnoitteeseen ollenkaan kiinni ja päällystyspasta valuu Teflon<sup>®</sup> pinnalta suoraan paluukaukaloon takaisin.

Ruostumattoman teräslevyn pinnankarheudella ei ollut merkitystä puhdistettavuuteen tässä testissä, kuten kuvista 19–21 selviää. Alu-Relecon Teflon<sup>®</sup> pinnoite oli vakuuttava puhdistustulokseltaan, kun katsoo kuvia 19–25. Myös Alu-Relecon MicroCoat<sup>®</sup> ADVANCED ja Millidynen AS-02 ovat hyviä pinnoitteita. Varsinkin, jos vertaa näiden kahden pinnoitteen puhdistustuloksia pinnoittamattomiin ruostumattomiin näytelevyihin, joita saatiin testaukseen Tornion Outokummun terästehtaalta. Näiden testien perusteella voin suositella Alu-Relecon Teflon<sup>®</sup> pinnoitetta suutinnokan pinnoitteeksi. Alu-Relecon MicroCoat<sup>®</sup> AD-

VANCED ja Millidynen AS-02 vaativat lisätestausta. Lisäinformaatiota tarvitaan siitä, kuinka hyvin pinnoitteet näissä edellä mainituissa näytelevyissä pysyvät. Pinnoitettua suutinnokkaa jouduttaisiin päivittäin puhdistamaan painepesurilla ja paloletkulla. Tämän vuoksi voi olla, että pinnoite ei pysy tarpeeksi kauan aikaa suutinnokan pinnassa.

Alu-Relecon Teflon<sup>®</sup> pinnoitetta ei voi suoraan käyttää suutinnokan pintaan, koska pinnoiteprosessi vaatii korkean lämpötilan (noin 370°C) ja suutinnokan pinta täytyisi raepuhaltaa, jotta Teflon<sup>®</sup> tarttuisi siihen kiinni. Suutinnokka on kiinteä, eikä sitä voi irrottaa ja viedä pinnoitettavaksi. Tästä syystä Alu-Releco ehdotti peltiä, joka pinnoitetaan ja kiinnitetään suutinnokan pintaan. Tässä ainoaksi ongelmaksi muodostuu kiinnittäminen. Suutinnokassa on kuitenkin pultteja, joita voisi hyödyntää kiinnittämisessä. Stora Enson kunnossapitoyhtiö Efora suunnittelee, miten teflonilla pinnoitettu pelti voitaisiin kiinnittää suutinnokan pintaan.

Suutinnokalle tuleva pinnoite lyhentää katkoaikaa kahdelta PPK5:n prosessinhoitajalta. Kolmannen prosessinhoitajan katkonaikaa lyhentää parhaiten PPK5:n aukirullausalueelle tehtävä luukku, johon suurimmat katkossa tulleet voidaan paperit työntää. Tämän lisäksi toimintamallimuutoksilla koskien 1 & 2 konemiesten tehtäviä katkoaika lyhenee vielä lisää.

## LÄHTEET

Alu-Releco Oy 1992a. Tuote-esite, MicroCoat<sup>®</sup> ADVANCED–pinnoite. Sähköpostitse lähetetty pdf-esite. [mika.luukas@storaenso.com](mailto:mika.luukas@storaenso.com)

Alu-Releco Oy 1992b. Tuote-esite, Teflon<sup>®</sup> FEP–pinnoite. Sähköpostitse lähetetty pdf-esite. [mika.luukas@storaenso.com](mailto:mika.luukas@storaenso.com)

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2013. Tutki ja kirjoita. 18. painos. Helsinki: Tammi.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu. Helsinki: Gaudeamus.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2006. Kemiallinen metsäteollisuus 2. Paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Jyväskylä: Gummerus.

Kauppi, T. & Kannisto, J. 2015. Arctic Steel and Mining Lapin AMK. Suullinen tekninen tiedonanto. 16.2.2015.

Knowpap (2015). Paperitekniiikan ja automaation oppimisympäristö. Versio 7.0. VTT Tuotteet ja tuotanto, Prowledge Oy.

Millidyne 2011. Tuote-esite. AS-02.

Projectech 2014. Käyttöohjeet, Optimum Opti-Coat 2.0. Viitattu 5.2.2015  
<http://www.projectech.fi/pdf/Optimum%20Opti-Coat%202.0%20ohje.pdf>

Siimes, A. 2015. Käynnissäpidon tutkimus Lapin AMK. Tutkimusryhmän vetäjän haastattelu. 10.2.2015.

Stora Enso 2013. Tiedot & luvut. Viitattu 13.3.2015  
[http://assets.storaenso.com/se/com/DownloadCenterDocuments/Stora\\_Enso\\_Facts\\_Figures\\_F\\_2013.pdf](http://assets.storaenso.com/se/com/DownloadCenterDocuments/Stora_Enso_Facts_Figures_F_2013.pdf)

Stora Enso Oyj 2015. Sisäinen Insite. Veitsiluodon yleisesittely, Veitsiluodon Power-Point yritysesittely.

Suomen Paperi-insinöörien yhdistys r.y. 1983. Paperin valmistus. 2. painos. Turku: Oy Turun Sanomat/Serioffset

Tekes 2006. Pinta – likaantumattomat pinnat 2002–2006. Loppuraportti. Viitattu 11.4.2015

[http://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/pintaraportti\\_suomi.pdf](http://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/pintaraportti_suomi.pdf)

Tekijä ei tiedossa (1996). Käyttöohje päällystysaseman JetFlow F – suutinpalkin lämmitysjärjestelmä sekä pastan virtauspintojen jäähdytysjärjestelmä. 1996. (Voith Sulzer 1996a 4-6.)

Tekijä ei tiedossa (1996). Käyttö- ja huolto-ohjeet. 1996. (Voith Sulzer 1996b 4-42.)

Vilkkä, L. 2006. Tutki ja havainnoi. Helsinki: Tammi.

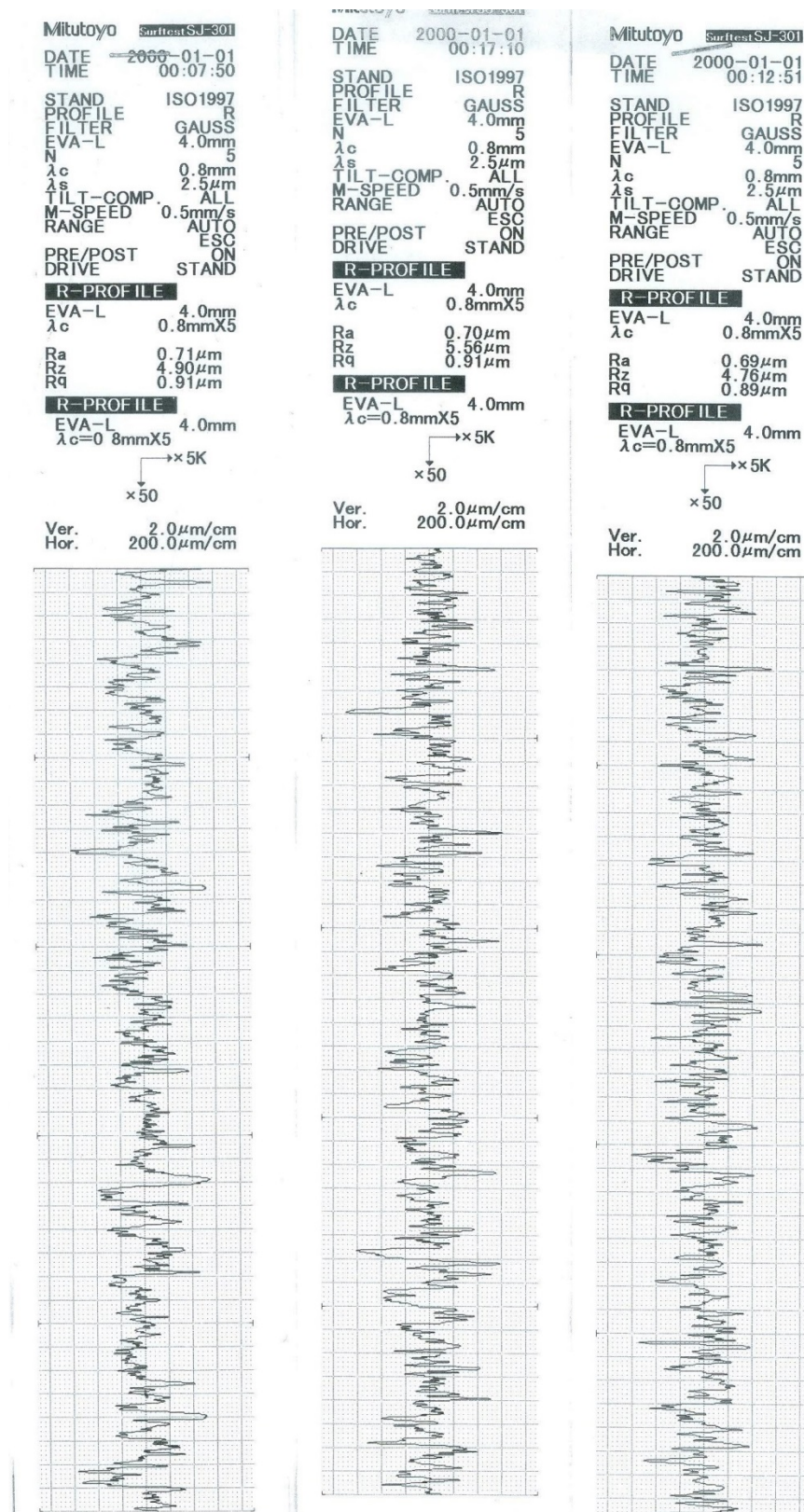
VTT 2008. Puhtaat, ympäristöystävälliset metallituotteet. Loppuraportti. Viitattu 18.4.2015

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2460.pdf>

## LIITTEET

- Liite 1. Pinnankarheusmittaukset (Mitutoyo SJ-301)
- Liite 2. Käänteismikroskooppikuvat (Leica IDM 5000M)
- Liite 3. Valmistajan pinnoitusohjeet

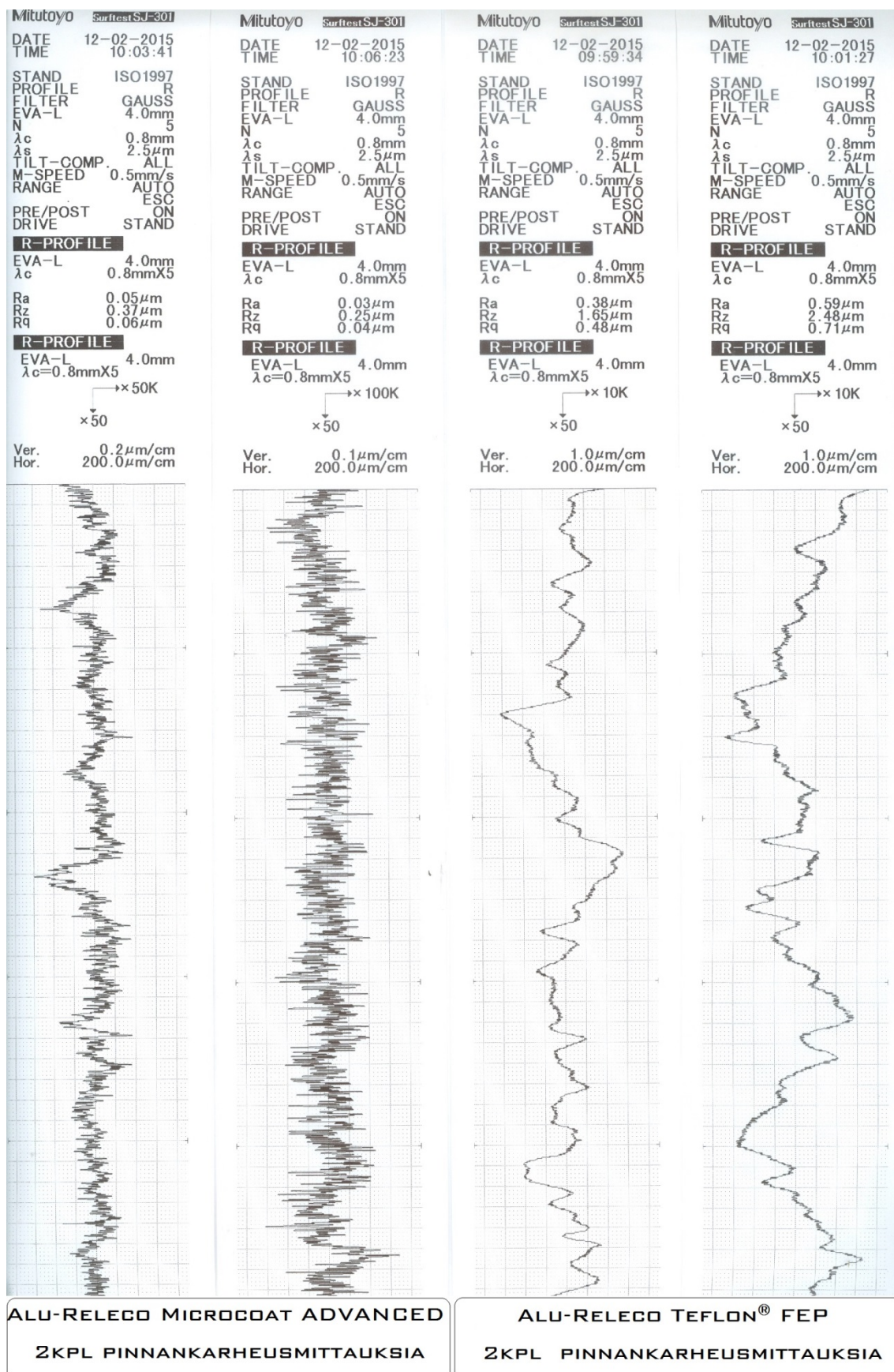
## Liite 1 1(7) Pinnankarheusmittaustulokset (Mitutoyo SJ-301).



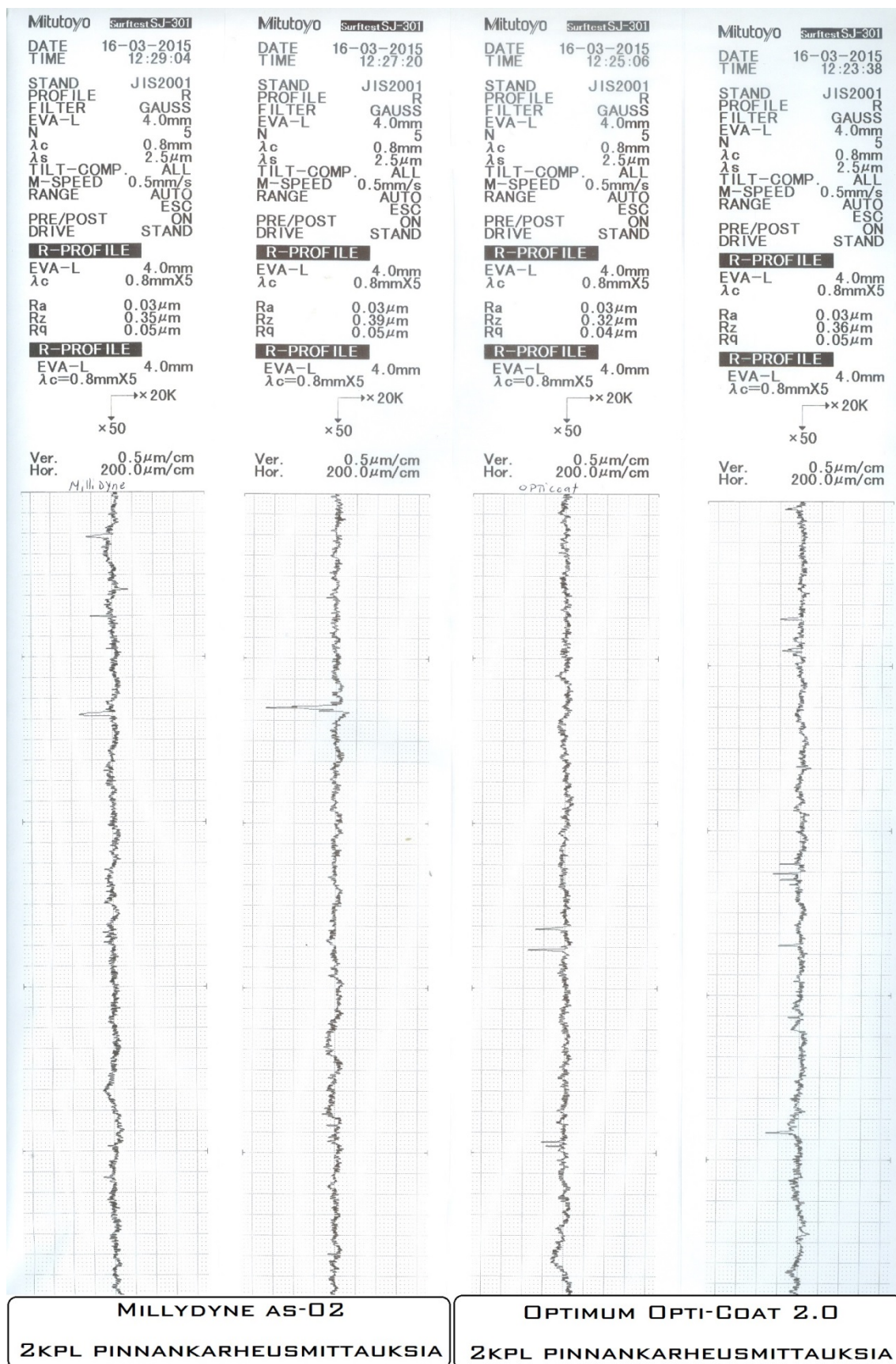
PPK5 1-PÄÄLLYSTYSASEMAN SUUTINOKAN  
PINNANKARHEUSMITTAUKSET 3KPL 14.01.2015



## Liite 1 2(7) Pinnankarheusmittaustulokset (Mitutoyo SJ-301).

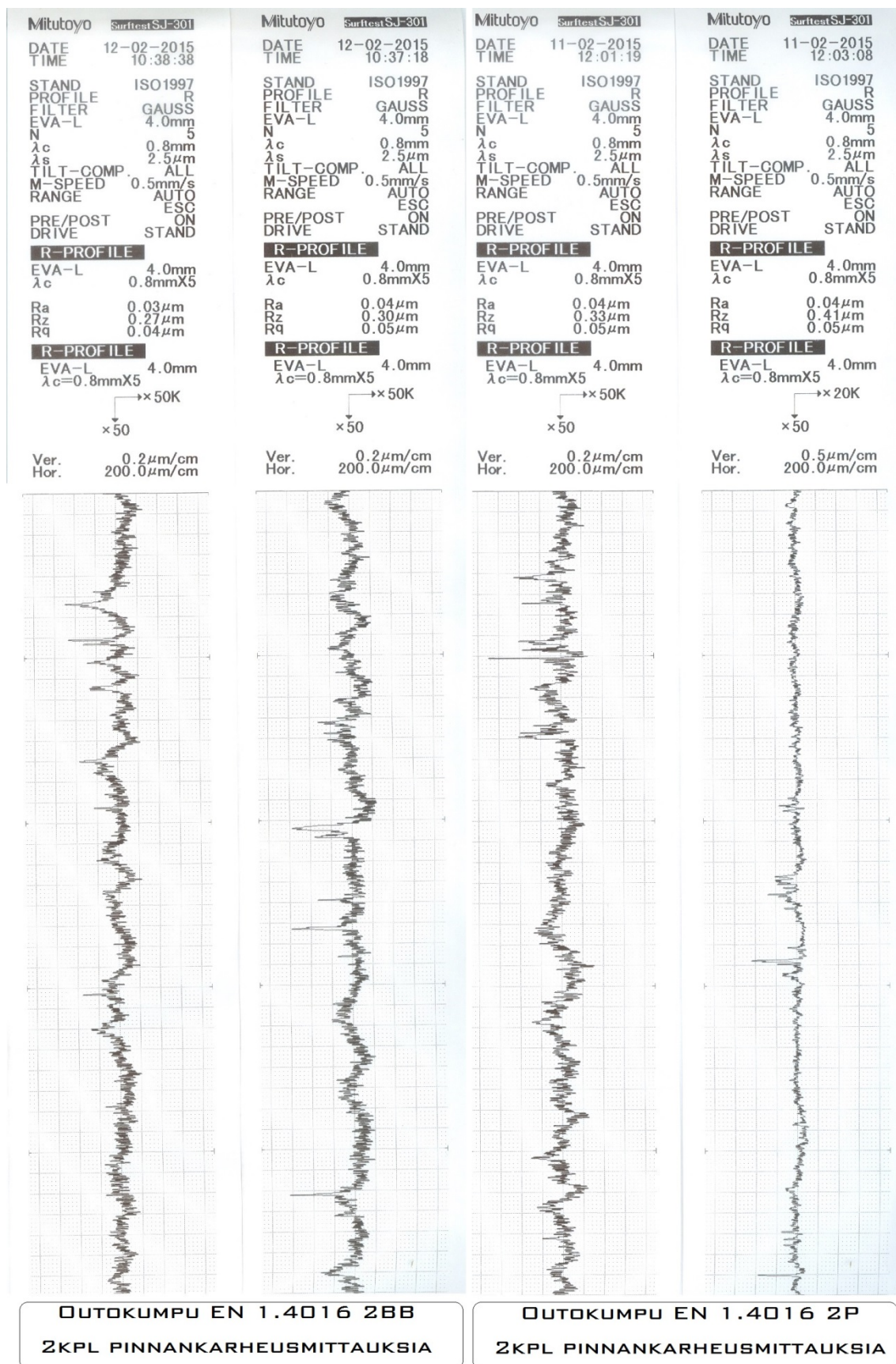


Liite 1 3(7) Pinnankarheusmittaustulokset (Mitutoyo SJ-301).

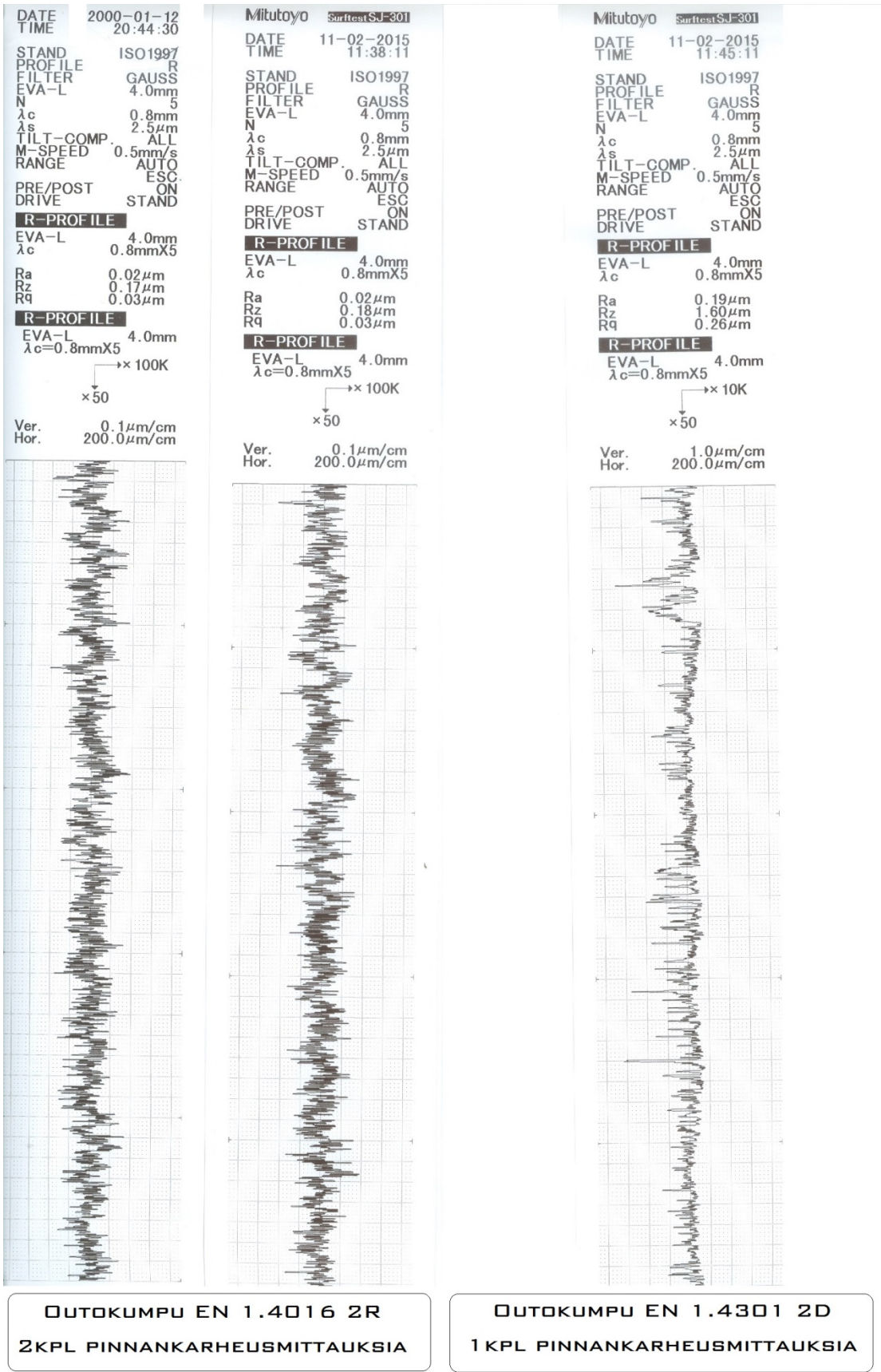




## Liite 1 4(7) Pinnankarheusmittaustulokset (Mitutoyo SJ-301).

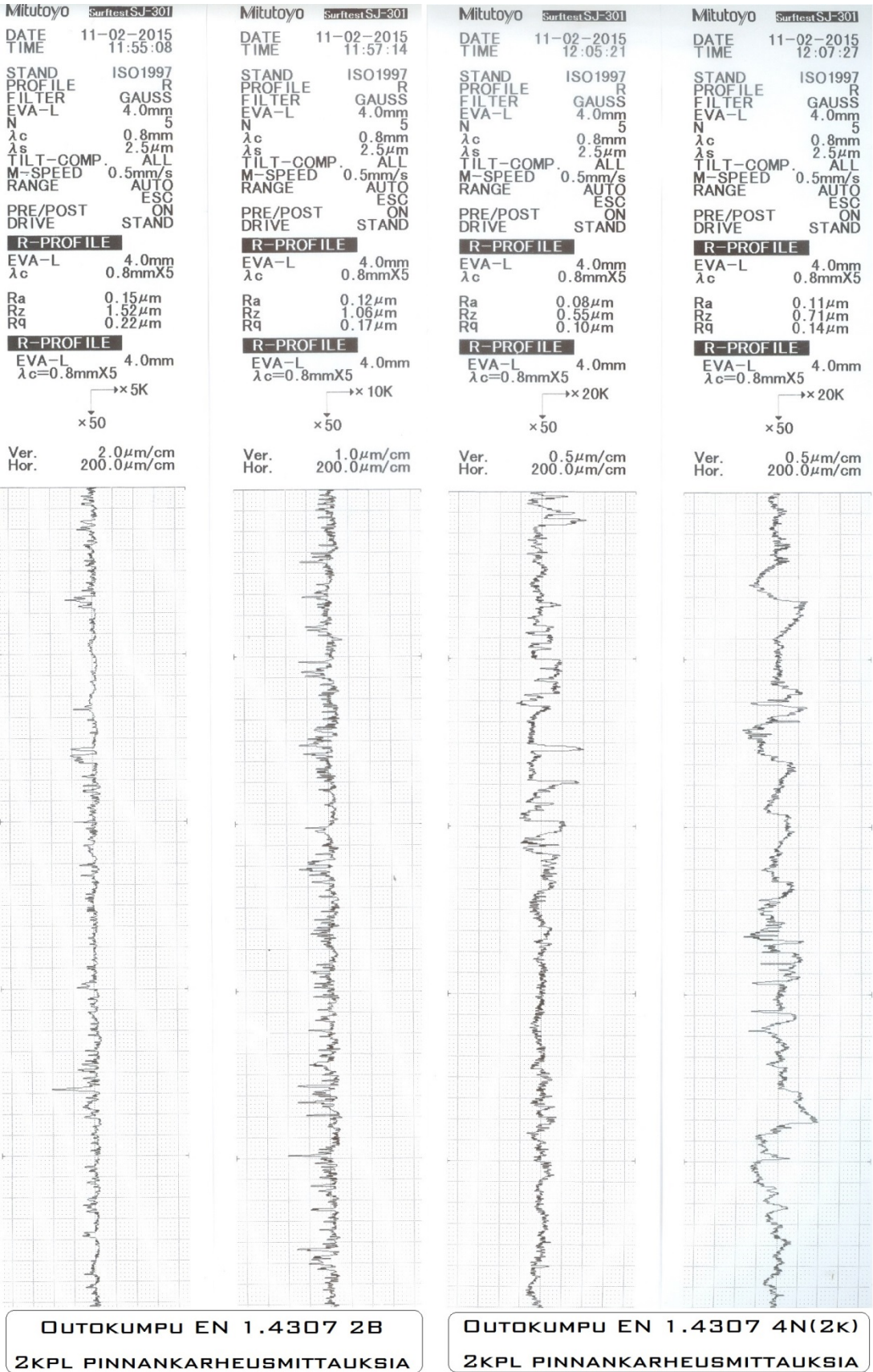


Liite 1 5(7) Pinnankarheusmittaustulokset (Mitutoyo SJ-301).

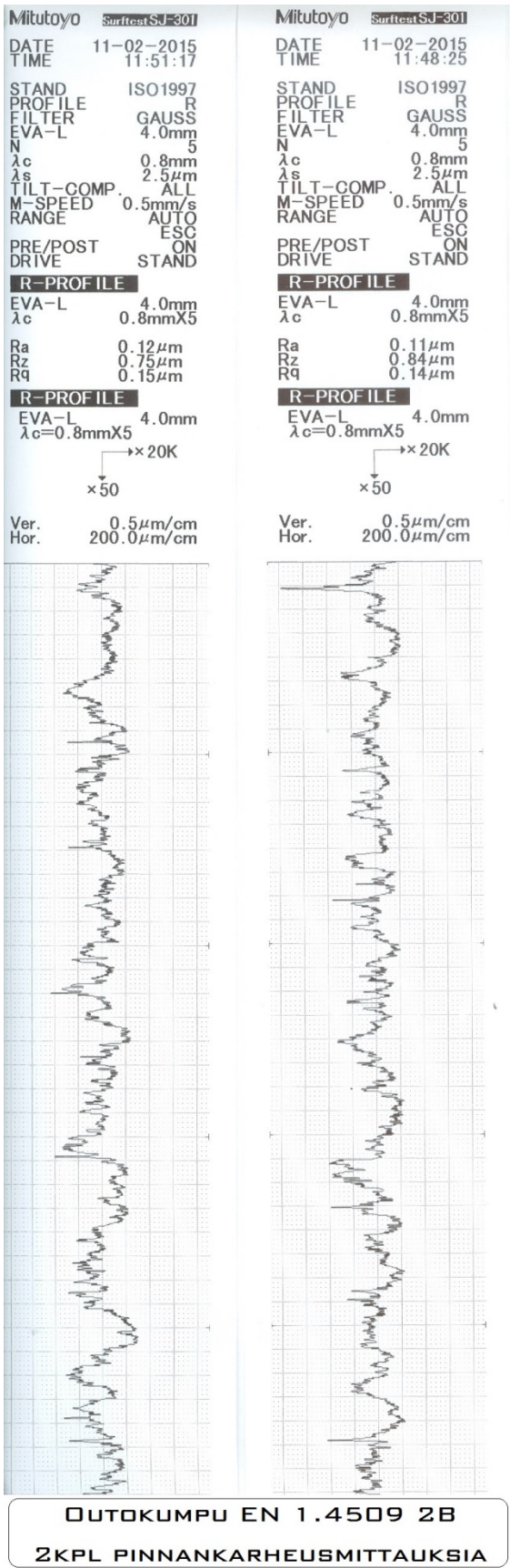




Liite 1 6(7) Pinnankarheusmittaustulokset (Mitutoyo SJ-301).

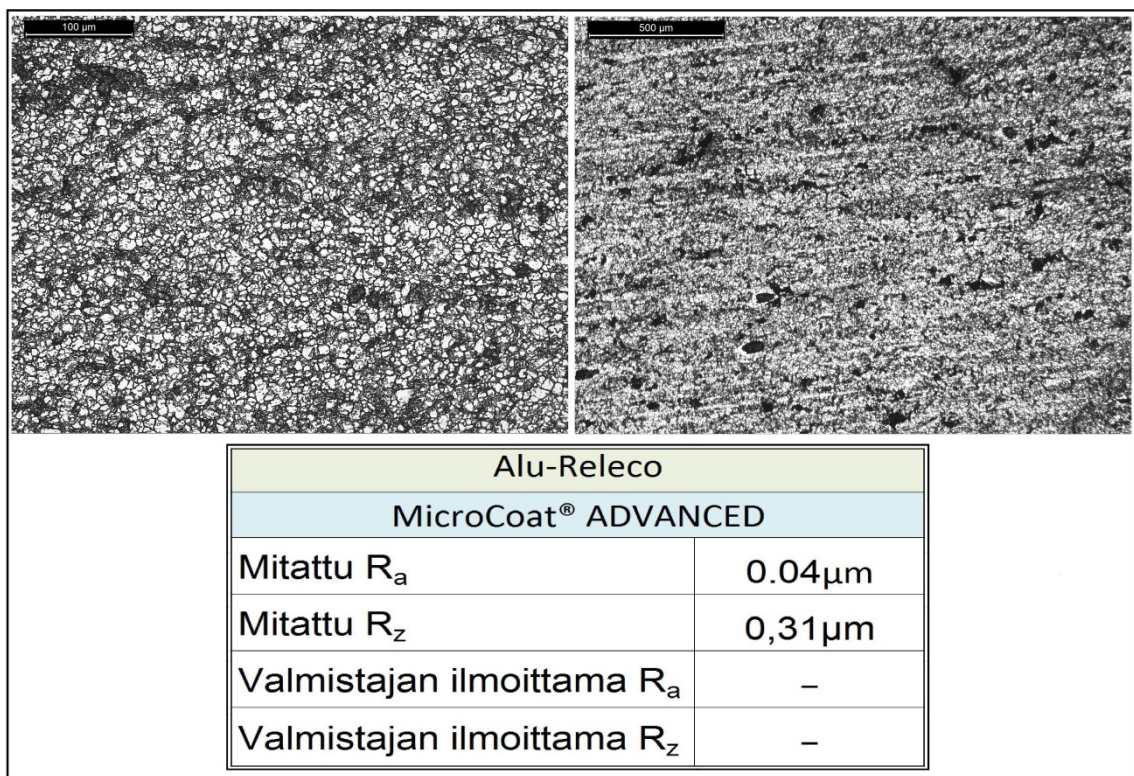
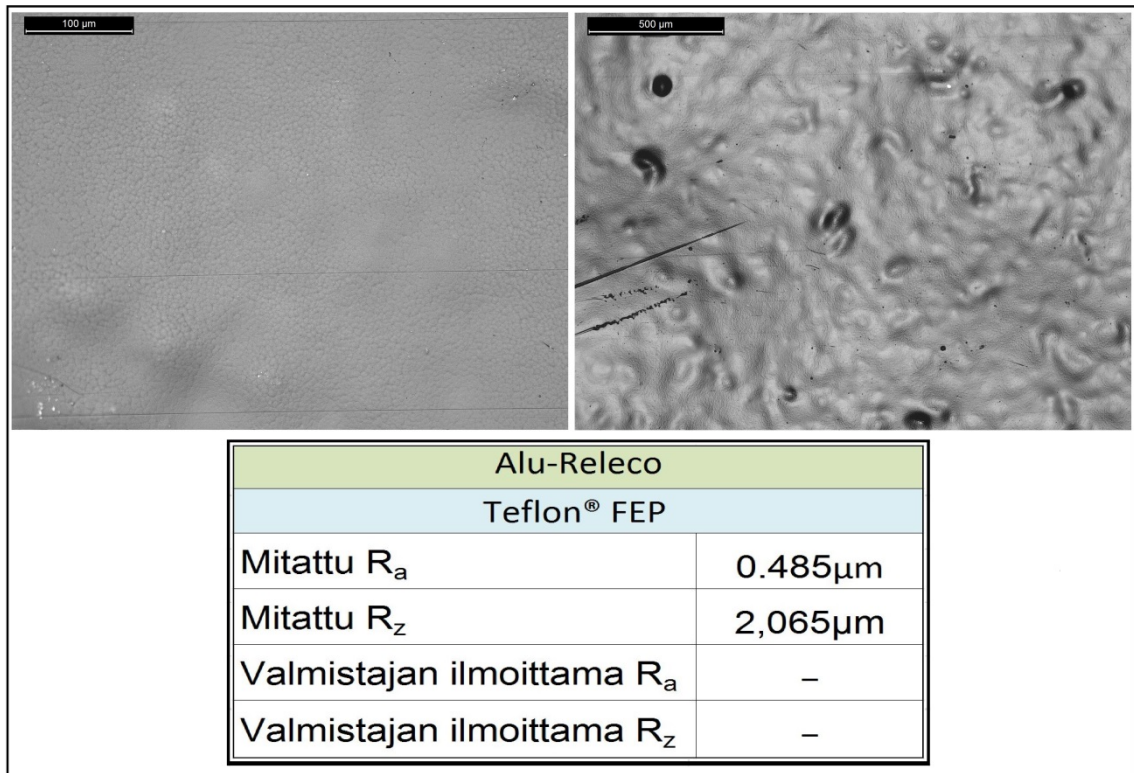


Liite 1 7(7) Pinnankarheusmittaustulokset (Mitutoyo SJ-301).

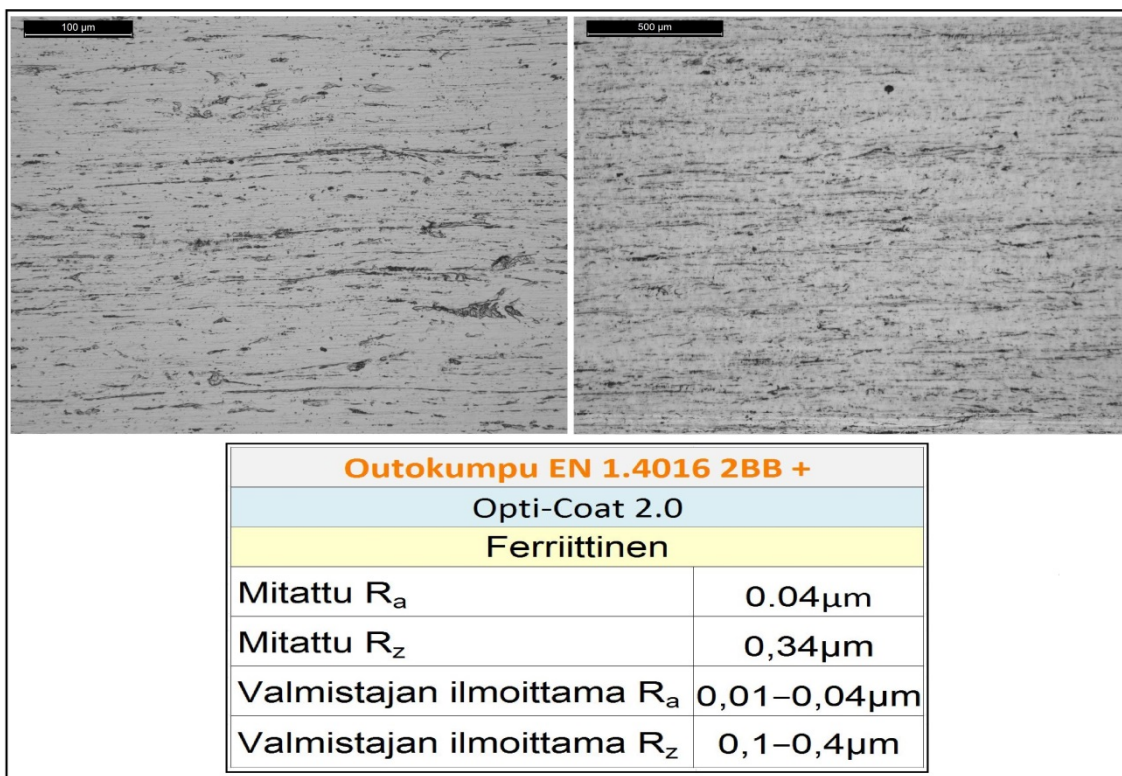
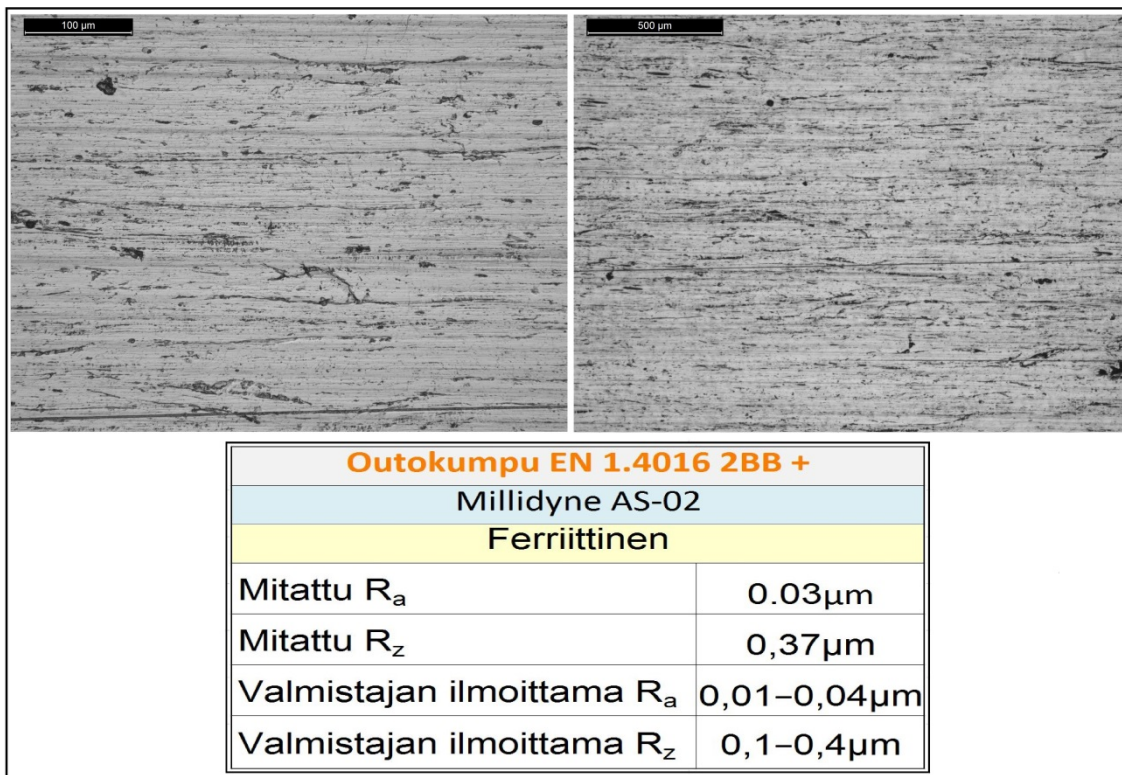




Liite 2 1(5) Käänteismikroskooppikuvat (Leica IDM 500M).

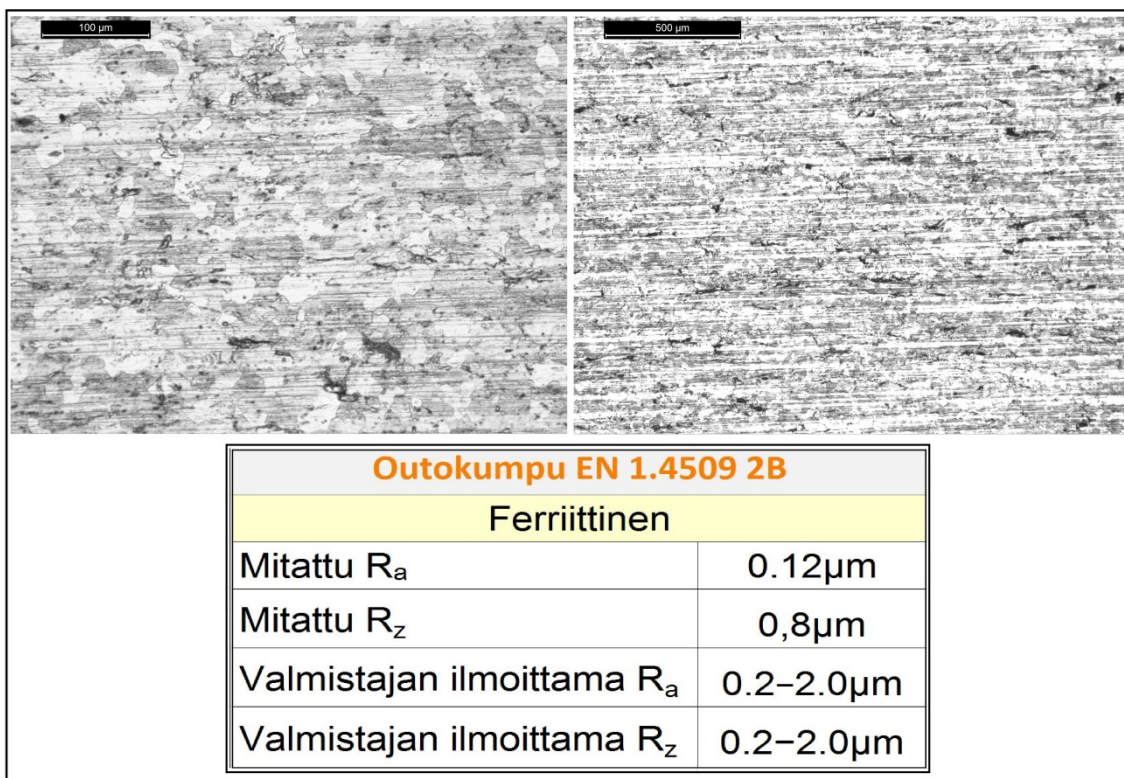
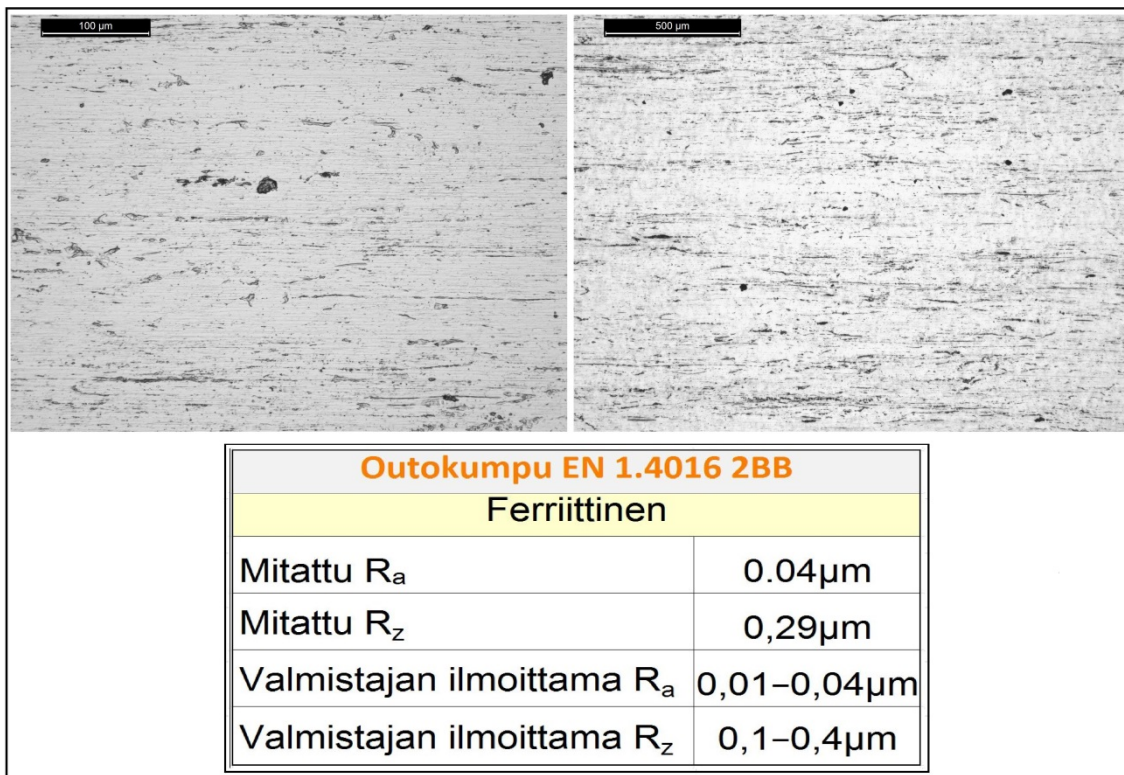


Liite 2 2(5) Käänteismikroskooppikuvat (Leica IDM 500M).

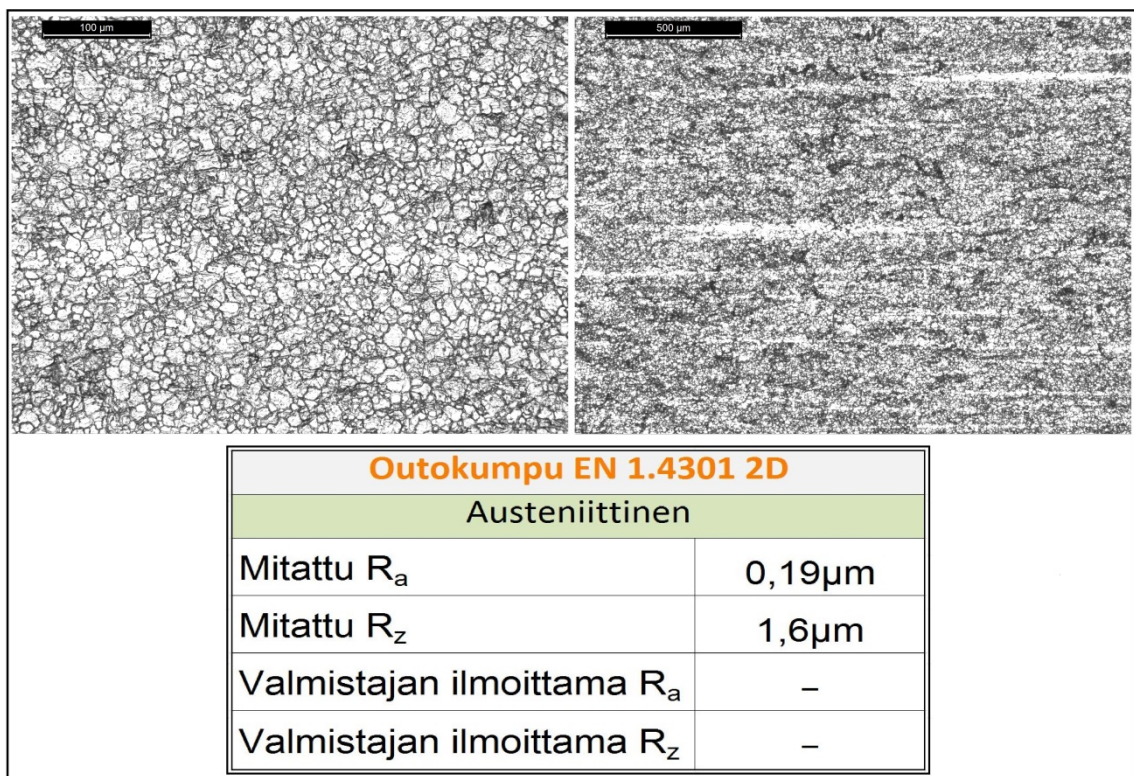
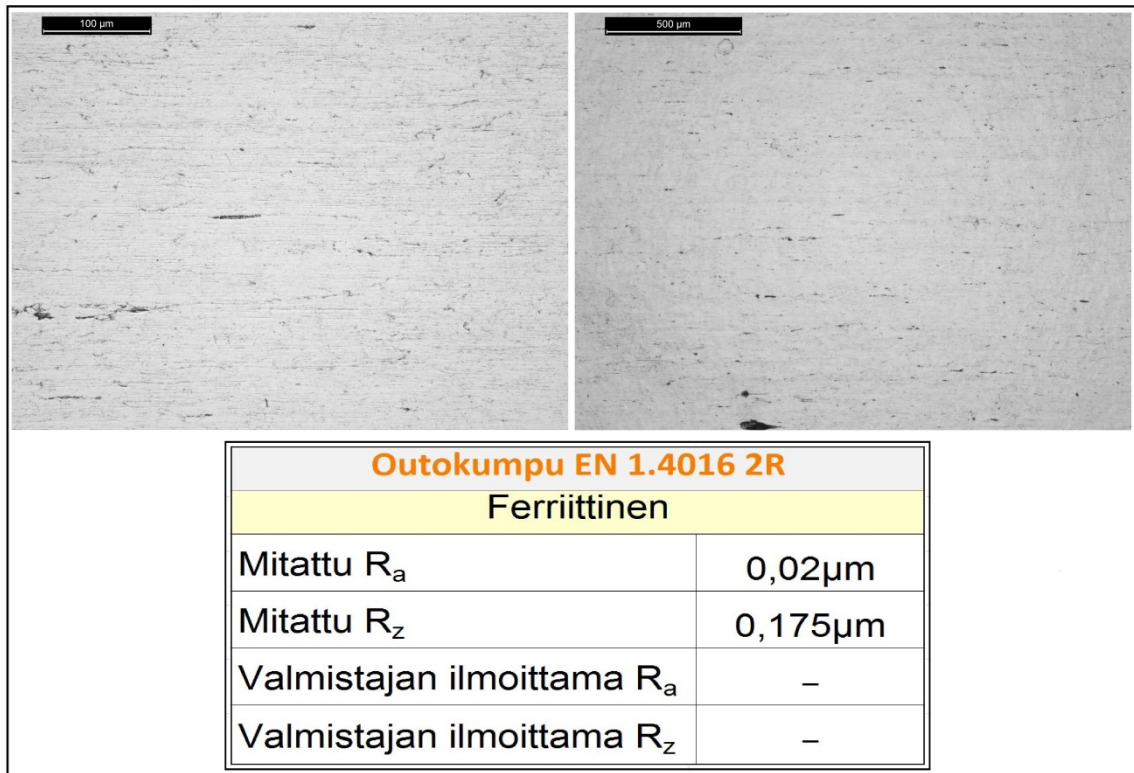




Liite 2 3(5) Käänteismikroskooppikuvat (Leica IDM 500M).

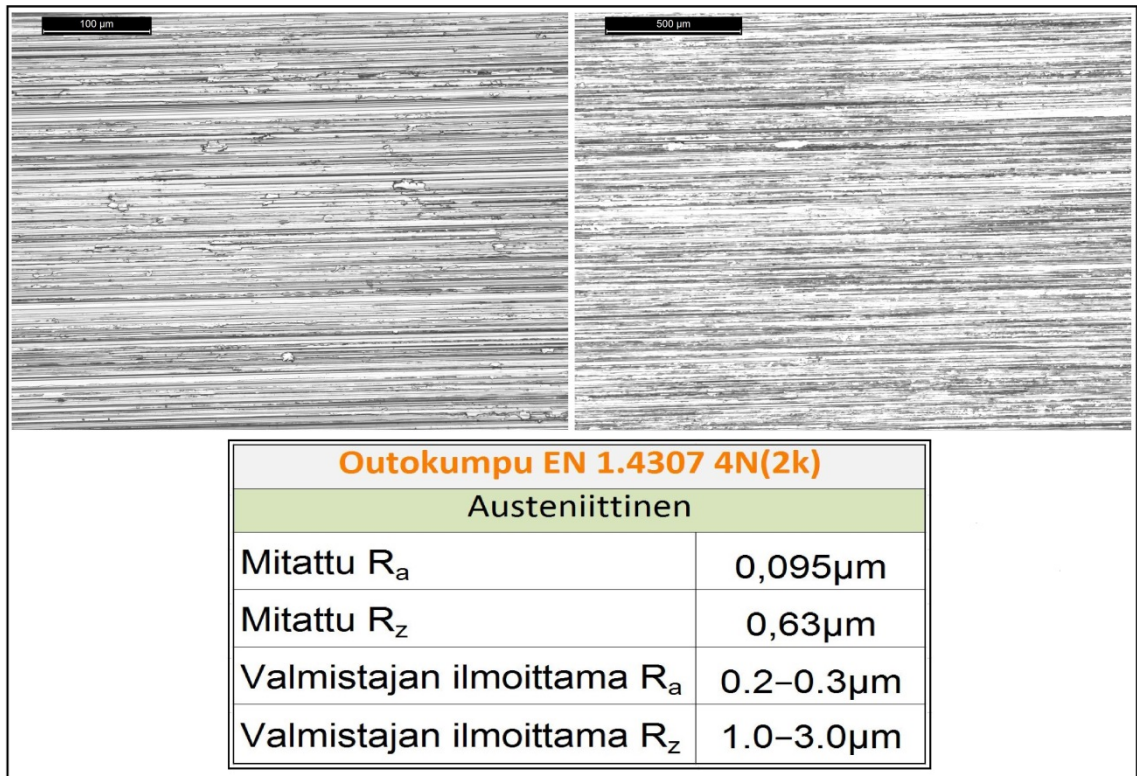


Liite 2 4(5) Käänteismikroskooppikuvat (Leica IDM 500M).





Liite 2 5(5) Käänteismikroskooppikuvat (Leica IDM 500M).



## Liite 3. 1(2) Valmistajan pinnoitusohjeet.

## AS-02

### Matalapintaenerginen lämpökovettuva ohutpinnoite ruostumattomalle teräkselle

#### Ominaisuudet

- Vettä ja rasvalikaa hylkivä
- Ei muuta ulkonäköä
- Erinomainen säänkesto
- Helposti puhdistettava ja likaa hylkivä pinta
- Erinomainen tarttuvuus teräkseen
- Kestää mekaanista rasitusta

#### Käyttökohteet

- Sisä- ja ulkokäyttöön
- Kosteat ja märät olosuhteet
- Ruostumattomat teräspinnat
- Teollisuuslaitokset
- Teräsmuotit
- Säiliöt, putket, lämmönvaihtimet ja altaat
- Suuttimet, seulat ym. komponentit

#### Koostumus ja toimintaperiaate

AS-02 on alkoholipohjainen sooli-geeli-kemiaan perustuva pinnoitusliuos. Tuote soveltuu erityisesti kappaleille, jotka voidaan helposti irroittaa prosessista ja kovettaa uunissa. Tuote muodostaa ohuen (< 1 µm) pinnoitteen, joka voi muuttaa hieman alustamateriaalin ulkonäköä. Pinnasta tulee matalapintaenerginen, jolloin puhdistukseen tarvitaan vähemmän työtä ja puhdistusaineita. Pinnoite vähentää huomattavasti orgaanisen lian tarttumista. Pinnoitteella on erittäin hyvä lämmönkesto; jopa 300°C. Pinnoitteen kesto riippuu pintaan kohdistuvasta kulutuksesta. Pinnoitteesta ei irtoa haitallisia komponentteja prosessiin. AS-02 pinnoitetta voidaan käyttää myös irrotusaineena teräs- ja rautamuoteilla. On huomioitava että pinnoitusliuos saattaa hapettaa herkästi ruostuvia pintoja.

#### Tekniset tiedot

- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| • Ulkonäkö            | kirkas väriton liuos     |
| • pH                  | lievästi hapan           |
| • Viskositeetti       | DIN cup 4: 10 s.         |
| • Tyypillinen kulutus | 20-40 m <sup>2</sup> / l |

#### Käyttö

Vältettävä aerosolin ja höyryjen hengittämistä. Työturvallisuuden takaamiseksi käytettävä suojalaseja, suojakäsineitä ja sopivaa hengityssuojainta.

##### 1. Puhdistus

Pinnoitettava kohde on puhdistettava pölystä ja rasvaliasta. Puhdistus tehdään alustalle sopivalla puhdistusaineella, esimerkiksi isopropanolilla tai asetonilla. Myös emäksisten pesuaineiden käyttö on suositeltavaa, mutta tällöin on huomioitava pintojen huolellinen huuhtelu runsaalla vedellä. Pinnan on oltava kuiva ennen pinnoitusta.

##### 2. Pinnoitus

Pinnoitus voidaan tehdä pyyhkimällä, ruiskuttamalla, upottamalla, siveltimellä tai talaamalla.

##### 3. Kovetus

Lämmitys parantaa pinnoitteen tarttuvuutta ja kovuutta. Parhaat ominaisuudet saavutetaan lämpökovetuksella 30 minuuttia 160°C. Kovetuslämpötilat yli 200°C eivät ole suositeltavia. Jos lämmittäminen ei ole mahdollista, kovetus aika huoneenlämmössä on vähintään 1 vrk.

#### Varastointi

Varastoidaan huoneenlämmössä hyvin ilmastoidussa paikassa. Astiat pidettävä tiiviisti suljettuina. Varastointiaika on 12 kk valmistuspäivästä.

Vastuuvapaus: Annetut tiedot ovat parhaan tietämyksemme mukaan oikeita laatimispäivänä, mutta niitä ei saa käsitellä takuuksi tai laatuspesifikaatioksi. Lisätietoja tuotteen turvallisuudesta käytöstä ja jätteenkäsittelystä löytyy tuotteen käyttöturvallisuustiedotteesta. Tuotteen käyttäjän vastuulla on varmistaa, että tuote on käyttötarkoitukseen sopiva. Tuote on tarkoitettu vain ammattikäyttöön. Emme vastaa vahingoista, jotka aiheutuvat tämän tuotteen käytöstä.

**Millidyne Oy**  
 Hermiänskatu 6 A  
 33720 Tampere, FINLAND

Tel. int. +358 3 317 7450  
 Fax int. +358 3 317 7900

info@millidyne.fi  
 www.millidyne.fi



### Liite 3. 2(2) Valmistajan pinnoitusohjeet.

#### KÄYTTÖOHJE OPTIMUM OPTI-COAT 2.0

Optimum Opti-Coat 2.0 on auton ulkoisille pinnoille tarkoitettu kestopinnoite. Sen kemiallinen kestävyys on erinomainen ja käytännössä se voidaan poistaa vain mekaanisesti eli koneellisella kiillotuksella.

Opti-Coat ei ole vaha eikä sealant. Opti-coat tulee levittää vain huolellisesti puhdistetuille pinnoille, joilla ei ole likaa eikä minkäänlaisia jäämiä muista tuotteista, kuten vahoja, öljyjä, polymeereja, silikoneja jne. Myös kiillotusaineiden jäämät on poistettava huolellisesti ennen Opti-Coatin levittämistä.

Oikein käytettynä 20 ml Opti-Coatia riittää kahdesta neljään keskikokoiseen autoon. Opti-Coat sopii lakka-, muovi-, kromi-, alumiini- ja rosteripinnoille. Myös kirkaslakattomat maalipinnat voidaan suojata Opti-Coatilla, kunhan ne ensin kiillotetaan puhtaiksi hapettumista. Opti-Coatia ei suositella lasipinnoille, koska se saattaa väärin levitettynä aiheuttaa heijastumia. Älä käytä alle +10 asteen lämpötilassa, eikä suorassa auringonpaisteessa. Ilman suhteellisen kosteuden tulee olla alle 80 %.

Opti-Coatin varastointiaikaa rajoittavia tekijöitä ei ole tiedossa, kun ruisku suljetaan huolellisesti käytön jälkeen. Levittintä voidaan käyttää uudelleen ilman pesua ja se kannattaa sulkea ilmatiiviiseen pussiin käytön jälkeen.

Tee näin:

1. Käytä vain virheettömille maalipinnoille. Opti-Coat sulkee allensa kaikki näkyvät maalipinnan virheet, joten koneellinen kiillotus on erittäin suositeltavaa ennen Opti-Coatin levittämistä. Opti-Coat suojaa, mutta ei peitä maalipinnan virheitä!
2. Puhdista pinta myllytyksen jälkeen 50 % IPA-liuoksella (50 % isopropanolia ja 50 % akkuvettä) tai Bilt Hamber Cleanser-fluidilla.
3. Anna pinnan kuivua pyyhinnän jälkeen vähintään 15 minuutin ajan, jotta vesi haihtuu mahdollisimman hyvin.
4. Annostele ensimmäisellä kerralla X-muotoinen kuvio levittimeen. Tämän jälkeen tarvitaan vain muutama tippa paneelia kohti.
5. Levitä Opti-Coat yhteen paneeliin kerrallaan käyttäen ristikkäisiä liikkeitä, esim. ensin eteen-taakse, sitten sivulta-sivulle. On myös mahdollista käyttää ensin pyöriä liikkeitä ja sen jälkeen viimeistellä pinta yhdensuuntaisin liikkein. Tärkeää on varmistua siitä, että Opti-Coatia tulee joka kohtaan. Tee työ hyvissä valaistusolosuhteissa, jotta pystyt näkemään, missä ainetta on.
6. Viiden minuutin kuluessa tarkista paneeli mahdollisten yliannostuskohtien löytämiseksi. Nämä näkyvät sateenkaarimaisina väreinä, raitoina tai sameutena pinnalla.
7. Käytä vaahtomuovilevitintä tai nukkaamatonta mikrokuituliinaa em. kohtien viimeistelyyn. Jos pintaa ei saada tasaiseksi tässä vaiheessa, kovettunut pinnoite joudutaan poistamaan koko paneelista koneellisesti kiillottamalla, jonka jälkeen se on puhdistettava uudelleen IPA:lla ja Opti-Coatin levitys on aloitettava alusta. Pinta on tahmea kovettumisen aikana, joten älä koske pintaa!
8. Jos pintaa viimeistellään mikrokuituliinalla kohdan 7 mukaisesti, varo käyttämästä liikaa voimaa, koska tällöin jo levitetty pinnoite tarttuu pinnalta liinaan.

Opti-Coat voidaan kerrostaa 12-24 tunnin välisenä aikana ensimmäisen kerroksen levittämisestä. Tämän jälkeen pinnoitteen tarttuminen vanhaan kerrokseen on epävarmaa, eikä sitä suositella. Yksi kerros Opti-Coatia muodostaa n. 2 µm paksuisen kerroksen (perinteisten vahojen kerrospaksuus on n. 0,02 µm), joten kerrostaminen ei ole välttämätöntä.

Opti-Coat saavuttaa lopullisen kovuutensa vähitellen. Hyvän lopputuloksen varmistamiseksi on erittäin suositeltavaa antaa pinnoitteen kuivua 12-15 tunnin ajan huoneenlämpötilassa kuivissa olosuhteissa ennen auton käyttöönottoa. Tänä aikana Opti-Coat saavuttaa 95 % lopullisesta kovuudestaan. Sen jälkeen autoa voidaan pestä normaalisti. Jos Opti-Coat kuivuu kylmemmässä, kovettuminen vie pidemmän ajan. Opti-Coatin kovettuminen pysähtyy alle +5 asteen lämpötilassa ja märissä olosuhteissa. Tämä on huomiotava auton käyttöönoton ja pesujen osalta! Lopullinen kovuutensa Opti-Coat saavuttaa 3-6 kuukauden kuluessa.

Maahantuonti ja myynti:



Väkkäräntie 292  
23800 Laitila  
info@projecttech.fi  
www.projecttech.fi  
P. 044-5854557